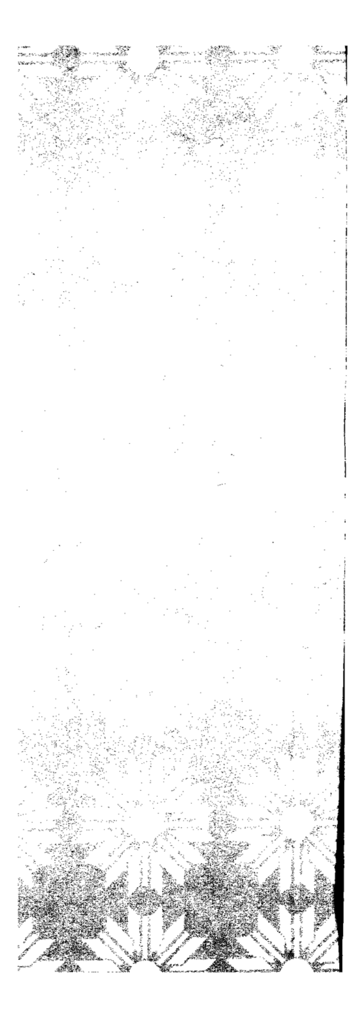
برتران جيل

موسوعة

تاريخ التكنولوجيا

ترجمة:
هيثم اللمع



من منشوراتنا الصادرة

موسوعات ومعاجم

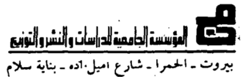
- تاريخ العلوم العام (في أربعة مجلدات)
  إشراف رنيه تاتون
  ترجمة د. علي مقلد
  المجلد الأول: العلم القديم والوسيط من البدايات حتى سنة 1450م.
  المجلد الثاني: العلم الحديث من سنة 1450 إلى 1800م.
  المجلد الثالث: العلم المعاصر ـ القرن التاسع عشر
  المجلد الرابع: العلم المعاصر ـ القرن العشرون
- معجم مصطلحات التحليل النفسي
  لابلانش وبونتاليس
  ترجمة د. مصطفى حجازي
- المعجم النقدي في علم الاجتماع
  بوردون وبوريكو
  ترجمة د. سليم حداد
- معجم مصطلحات الديموغرافيا
  رولان برسا/ ترجمة د. حلا نوفل
- المعجم الموسوعي لعلم النفس
  أعلام علم النفس
  نوربير سيلامي/ ترجمة د. رالف رزق الله
- معجم المصطلحات الجغرافية
  بيار جورج/ ترجمة د. حمد الطفيلي
- معجم العالم الإسلامي (تجليد فني)
  كلوس كريزر ـ فارنر ديم ـ هانس ماير
  ترجمة د. ج. كتورة
- المعجم الموسوعي لعلم الكومبيوتر والإلكترونيك (تجليد فني)
  لوغارف/ ترجمه وأضاف عليه د. عبد الحسن الحسيني

موسوعة

تاريخ التكنولوجيا

الطبعة الأولى

1416هـ ـ 1996م



بيروت ـ الحمرا ـ شارع اميل اده ـ بناية سلام

هاتف : 802428 -802407 -802296

ص. ب : 113/6311 ـ بيروت ـ لبنان

تلكس : 21665 -20680 LE M.A.J.D

برتران جيل

موسوعة

تاريخ التكنولوجيا

ترجمة:
هيثم اللمع

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE DES TECHNIQUES

TECHNIQUE ET CIVILISATIONS
TECHNIQUE ET SCIENCES

تمهيد

إنّه لمن الطبيعي والمنطقي أن تتضمّن موسوعة مكرّسة للمعارف والنشاطات البشرية مجلّداً خاصاً بالتقنيات، التي تُعتبر في آن واحد معرفة ونشاطاً لدى الإنسان. وقد نتوقّع منها أن لا تقوم بهذا الأمر كون العالم المادّي ما يزال نائياً نوعاً ما عن الاهتمامات الإنسانية النبيلة. بوسع أيّ مؤلّف أن يكتب اليوم مطوّلاً عن رأس قلم الحبر بيك Bic، ويمكن لأيّ عامل أن يتكلّم عن الآلة التي يعمل أمامها، مشيراً إلى النفور الاجتماعي وإلى صراع الطبقات أكثر منه إلى النواحي التقنية، رغم الفصل الذي كرّسه ماركس Marx نفسه وعلى وجه التحديد للآلات. وقلّما نلتقي في المحادثات اليومية المتداولة بغير الكلام عن مدى اتقان سيّارة ما، عن فرن يُنظّف أوتوماتيكياً أو عن أدوية غسيل واحدها أقوى من الآخر. إنّنا نعجب بِ «موسوعة» (l'Encyclopédie) ديدرو Diderot لكنّنا لا نحذو حذوه.

قد يكون من العبث محاولة التوفيق بين الإنسان وأدواته المستعملة، الأدوات التي يخدمها ويستخدمها، وأن نجد عبر هذا الأمر العلاقات الحقيقية التي يجب أن تقام بين الفريقين وقصّة المصالحات والخلافات التي لا تنتهي.

كانت الصعوبة تكمن في إمكانية تحقيق عمل لا يكرّر ما قدّمه عمل آخر. ففي الواقع يوجد ثلاثة كتب كبيرة تُعنى بتاريخ التكنولوجيا، دون أن نذكر مؤلّفات التعميم الكثيرة والأعمال المحدودة من حيث الوقت، المكان أو الموضوع: الكتاب الأوّل كان إنكليزياً، على خمسة مجلّدات كبيرة، تبعه كتاب روسي ومن ثمّ فرنسي. ثلاثة كتب محورها الوحيد هو التكنولوجيا، بمعنى أنّها تعرض التاريخ التقني للتكنولوجيا. هل كان من الضروري أن نضيف عملاً رابعاً؟ حتّى لو كان ما يزال هناك بعض النقاط الغامضة والمجالات المجهولة.

لقد بدا لنا أنّه من أجل نتيجة أغنى كان يتعيّن أخذ هذه المسألة المهمّة من وجهة نظر مختلفة تماماً وحسب طريقة جديدة كليّاً، وهذا ما افترض طريقة عمل خاصّة مشروحة مطوّلاً عند بداية الكتاب. وتقوم فكرتها على أساس مبدأين أكبرين.

المبدأ الأوّل يؤدّي إلى مستوى مناف تماماً لمستوى الأعمال السابقة، فهذه الأعمال

تعرض في الواقع تطوّر التقنيات إحداها معزولة عن الأخرى، ومقسّمة تبعاً للوقت حسب تقسيمات تدعو أحياناً للمناقشة. وقد بدت لنا هذه التجزئة في الموضوع مؤسفة على أكثر من صعيد: إنّها تؤدّي بالضرورة إلى نوع من الفسيفساء تظهر فيها الألوان والرسوم مبهمة بشكل ملحوظ؛ تجمّعات دون خطوط عريضة موجّهة. المؤلّفون لا يعرفون بعضهم وكلّ تقتصر معرفته على اختصاصه أو فترته، لا يمكن استخلاص أيّ رؤية عامّة أو تفسير كلّي من الكتاب، التوثيق جيّد ومهمّ لكنّنا نشعر بنوع من الضياع. في هذا التاريخ المؤلّف من قطع مشتّتة نجد مثلاً البارتينون Parthenon وديكارت Descartes لكن لا نجد أبداً ترافلغار Trafalgar وجسر الفنون le Pont des Arts مجتمعين.

بدا لنا أنّ مفهوم النظام التقني، وهو مجموعة مترابطة من البنيات المتوافقة إحداها مع الأخرى، يعطي فكرة واضحة عن عالم الإنسانية المادّي منذ بداياتها، أي العالم المادّي اليومي، كما بدا لنا أنّه طريقة معالجة أدقّ للموضوع حتّى لو رأى البعض في صياغته نوعاً من المبالغة. بإبرازه التناقضات، يتوصّل الرسّام أو المصوّر أحياناً إلى توضيح حقيقة الأشياء بشكل أفضل. إنّ الحياة اليومية تمزج بين الإلزامات والأفعال المادية، حتّى لو لم نلمس حدسياً العلاقات الكثيرة الموجودة دون شك بين كلّ عناصر هذا المحيط المادّي، المخالف للمألوف أحياناً، الإلزامي دائماً. ولا قيمة لهذا المحيط ولا معنى إلاّ بوجود تنسيق معيّن وكتبنا شديدة التكتّم بالنسبة للناحية التقنية، حتّى على صعيد التقبّل بكلّ معنى الكلمة. من لا يأخذ هذا الأمر بعين الاعتبار قد يقع فوراً في ضلال كبير: والقول إنّ هارون الاسكندراني، مع كرته الشهيرة (كرة تدور بخروج البخار منها)، مرّ بمحاذاة آلة البخار هو أقوى دليل على ذلك.

ولهذه الطريقة في أخذ الظاهرة التقنية ميزة أخرى، هي أنّها تفتتح الحوار مع مختلف الأخصّائيين: العالم الاقتصادي، عالم اللغات، العالم الاجتماعي، رجل القانون، السياسي، الفيلسوف، هذا الحوار الذي يصعب اليوم تنظيمه. ولكن هكذا نبرز التناسق الضروري بين النشاطات الإنسانية والتوافق الواضح بين النتائج المنبثقة عنه.

إنّ اقتراحاً من هذا النوع، وهذه ليست النتيجة الوحيدة، يفترض أن نقسّم الزمن على فترات. فالأنظمة التقنية تتتابع الواحد بعد الآخر، وهذه الديناميكية تعطي قيمة جديدة لما نسمّيه بعبارة مبهمة وملبسة في آن واحد: «الثورات الصناعية». من نظام إلى نظام؛ كان إذن من الممكن تقطيع القرون، بل آلاف السنين حسب إيقاعات تختلف عمّا تعوّدنا عليه بالنسبة لتاريخ كلاسيكي. وإنّنا نسمع المآخذ منذ الآن: لكن أليست كتابة التاريخ هي بالضرورة تفضيل أحد مظاهره؟ لقد عرفنا ما نطلق عليه اسم التاريخ ــ المعركة، أي تاريخ الفترة الطويلة

حيث تمّحى الأحداث ويختفي البشر أمام الحركات الزمنية. هنا نعرض تاريخاً يلفّه نوعاً ما العالم المادّي.

ما إن أخذت هذه المواضع حتّى ارتسم تنظيم العمل من تلقاء نفسه. وضعنا الجزء الأوّل تبعاً لمخطّط تقريباً كلّياً زمني؛ كان يجب أخذ مراحل التطوّر التقني بعين الاعتبار ووضعه ضمن إطار الحركات الإنسانية الكبيرة. إلاّ أنّنا اضطررنا لبعض التسويات التي غيّرت قليلاً في الترتيب المختار، فمن بقايا الثقافة الكلاسيكية أن نفرّق بين الإغريق والرومان، وكلاهما كان يملك نفس النظام التقني باستثناء بعض التبديلات، وأن نلحق البيزنطيين بروما. فيتروفيوس (Vitruve) ليس سوى آخر مهندسي العمارة وميكانيكيّي مدرسة الاسكندرية، والخبراء الزراعيون اللاتينيون الذين طالما كانوا موضع إطراء، ليسوا سوى أخلاف خبراء حوض البحر المتوسّط الزراعيين المجهولين بسبب اختفاء منجزاتهم. كذلك اخترنا أن نجمع، بصورة عشوائية، ثلاث حضارات تقنية مستقلّة إحداها عن الأخرى زماناً ومكاناً، إنّها حضارات من خارج العالم الغربي ولا عنصراً مشتركاً بينها سوى أنّها وجدت نفسها محجوزة أمام مستويات مختلفة بدورها. والفصل حول الحضارات التقنية الأولى الكبيرة، بالنسبة للامبراطوريات الكبيرة، هو عبارة عن تجمّع حضارات تقنية قريبة إحداها من الأخرى بالطبع، لكن مع اختلافات تجدر الإشارة إليها.

في هذه الجداول المتلاحقة، كان لا بدّ من أماكن خالية فرضها حجم الموضوع الضخم. لا نجد مثلاً الهند، ولن نجد بعض الحضارات الآسيوية أو الإفريقية المتأخّرة. هل هناك حاجة للقول إنّنا نعي هذه النواقص كلّياً؟ الأهمّ، في نظرنا، كان أن نفهم كلّياً طرق المرور من نظام تقني إلى آخر، لأنّه هنا تكمن فعلاً مسألة التطوّر التقني. إنّ ما يبدو واضحاً ومنظّماً جدّاً في التطوّر العلمي، قد لا يبدو كذلك في التطوّر التقني، والفجوة الموجودة بين ما اتُّفق على تسميته النظرية والتطبيق تجعل الاختراع يتميّز ويبرز بشكل جذب الكثير من الاهتمام وأدّى غالباً إلى سيرة معظّمة للمخترعين. وهناك أمر آخر، إنّ تسلسل التطوّر العلمي منطقي ومستقلّ، وإذا وجدنا بعض المنطقية في التطوّر التقني فإنّه ليس مستقّلاً تماماً. أوّلاً هناك ترابط ضروري، سبق أن أشرنا إليه، لأنّه لا وجود لتقنية معزولة، فهي تتعلّق بتقنيات رافدة أخرى. «لقد انكبّ كوليبه Collier الميكانيكي الباريسي الكبير، نحو عام 1814، على تحقيق مجزّ للأجواخ بشفرات حلزونية، وقد جاءه مبدؤه ملخّصاً من الولايات المتّحدة حيث لم تتم أيّة محاولة لصنع هذا الجهاز. الكثير من العمل كان بالانتظار، فقد كان يحتاج إلى خمس سنوات لتنفيذه. كان على كوليبه أن يبتكر بعض التركيبات، طرق إذابة وتصنيع، وسادات مضادّة للاحتكاك، شجرة توزيع، جهاز ضبط بواسطة لولب

ميكرومتري، باختصار كلّ العناصر اللازمة لتحقيق آلة على درجة من الاتقان لا سابق لها».
إذن هذا الترابط بين التقنيات هو، في مجال الاختراع، ضرورة لا بدّ منها.

تبقى الناحية الاقتصادية، وكم هي مهمّة. لقد كان أحد المؤلّفين المعاصرين على حقّ حين ميّز بين تطوّر التقنية والتطوّر التقني، فالتطوّر الأوّل يقع على صعيد تقني صرف بمعنى أنّ هناك تقنيات لا تُستعمل مباشرة بل تكون عبارة عن «تجديدات» معيّنة، أمّا التطوّر الثاني فيمثّل بالضبط دخول الاختراع في الحياة الصناعية أو اليومية. من الممكن إذن أن نحدّد موقع الاختراع على مستويين: مستوى التفكير التقني، أي تقنية بحتة نوعاً ما، ومستوى الحاجة الاقتصادية بالمعنى الواسع للكلمة، أي نتيجة تقصير في التقنيات القائمة أو تلبية لاحتياجات اقتصادية محضة (طلب متزايد، تخفيض نفقات الانتاج، إلخ.)، وكلّ منها يرتبط بالآخر. نشير أخيراً، وسنعود إلى هذا الأمر في سياق الكتاب، إلى التوافقات بين النظام التقني قيد التطوّر والنظام الاجتماعي.

اختلالات توازن داخلية بالنسبة للتقنية، ترابطات ضرورية بين مختلف التقنيات، وتوافقات مع بقية الأنظمة، هذه هي العناصر الأساسية لديناميكية الأنظمة التقنية. أمّا مفهوم الاكتفاء لدى التقنية أو توقّفها فهو أمر مسلّم به.

قلّما كانت أواليات التطوّر التقني موضع دراسة، وقد بدا لنا أنّ البحث يجب أن يأخذ هذا المنحى لذا ركّزنا كثيراً على هذه المسألة. انكببنا أيضاً بالطبع على ما يُسمّى بالنموّ: أسباب التطوّر التقني وتسارعه حسب منحنيات أصبحت اليوم معروفة عالمياً. إنّ أعمال روستوف Rostow، رغم أنّها أحياناً ملتبسة وغير كاملة، تشكل نموذجاً يُتّبع، يُطوّر ويُهذّب، وهو يملأ، مع ثغرات مذهلة أحياناً، فراغاً في الفكر التاريخي. حتماً لا ندّعي ملء هذه الثغرات؛ إنّ ما يهمّنا هو اتّجاه الأبحاث.

الجزء الثاني كان، حسبما نرى، أيضاً أساسياً، ومكمّلاً. المقصود كان إدخال التطوّر التقني ضمن عدد من المواد التي تمثّل النشاطات البشرية الأخرى، اهتمامات الإنسان الأخرى: العلم كما القانون، السياسة كما الجغرافيا، علم الاجتماع كما الاقتصاد. وينتهي هذا القسم بكلام حول المعرفة التقنية.

بالطبع ليس المقصود أن نفضّل التكنولوجيا عن غيرها من المجالات، أو أن نَسِمُها بالتفوّق في مجال صياغة البنيات من جميع الأنواع وديناميكية التطوّرات العامّة. أردنا فقط أن نُظهر أنّها لم تكن دون تأثير على العالم المحيط بها، وأنّها أيضاً تلقّت تأثيراته. ونأمل بهذا أن نكون قد دمجنا التكنولوجيا مع اختصاصات لا تعيرها عادة سوى اهتمام ضئيل.

بشكل عام، وضع هذا المؤلّف للفضوليين، وهذا ما يميّز كلّ موسوعة، وخاصّة للذين

يمرّون يومياً بمحاذاة التكنولوجيا دون أن يلتفتوا إليها، في المكتب أو في المدرسة. كما نعتقد أنّه يجب أن يتعرّف التقنيون على تاريخ تقنيتهم الذي لم يتعلّموه قط: لهذا فإنّهم يكوّنون عنه معظم الأحيان فكرة مضلّلة، كما يهمّهم دون شك أن يروا العلاقات بين كلّ التقنيات وأن يكتشفوا تأثيرها على عالم يتعقّد يوماً عن يوم. إلاّ أنّه يجب أن لا نقع في نوع من الرضى الذاتي كالذي ظهر عند كاتب تمهيد «موسوعة» ديدرو: «كثيراً ما كُتِب حول العلوم، ولم تكتب كفاية عن معظم الصنائع الشريفة (الرسم، النحت،...)، ولم يُكتب أيّ شيء تقريباً عن الفنون الميكانيكية: إذ ما هو القليل الذي نجده عند المؤلّفين بالمقارنة مع مدى وخصوبة الموضوع».

هكذا بعد رسم الخطوط العريضة كان يجب إيجاد معاونين يقبلون بطريقة طرح المسألة. كانت هذه الخطوة الأصعب، ليس لأنّ الفكرة تُنفِر، لكن من أجل جمع العلوم البشرية مع التكنولوجيا كان يتعيّن القيام بمجهود خاصّ. حتماً هم كثر الذين يهتمّون بالتطوّر التقني، بمستلزماته ونتائجه، والدليل على هذا هو الكتابات الكثيرة التي وُضِعت منذ نهاية الحرب العالمية الأخيرة، حتّى ولو كانت متفاوتة النوعية. إلاّ أنّ الهدف الحقيقي للعمل كان يقع على مستوى تاريخي.

لقد كانت اللقاءات بين المؤرّخين والتقنيّين عند نهاية القرن التاسع عشر كثيرة وغنية النتائج، وكان لدى قسم كبير من التقنيين عاليي المستوى ثقافة كلاسيكية جيّدة كانت تسمح لهم بأن يلقوا نظرة بعيدة وشاملة إلى «فنّهم» كي يتعرّفوا إلى أصوله ويقدّروها. هذه العلاقات أصبحت نادرة في أيّامنا هذه، باستثناء بعض حالات لافتة، فتقني اليوم منقطع كلّياً عن التقنيات القديمة، لكثرة ما أصبحت الفروقات شاسعة، بينما منذ بضعة عقود، انكبّ بعض المتقاعدين بمهارة على البحث التاريخي: كينيدي Quenedey، وكان ضابطاً في الهندسة، درس بناء المنازل الخشبية في القرون الوسطى؛ لوفيفردي نويت Lefèbvre des Noëttes، وكان ضابط خيّالة، درس موضوع نير الجواد، أمّا ماسّون Masson، وقد كان مهندس جسور وطرقات، فقد تناول القبّة القوطية. الجيل الحالي قطع الجسور ولم يعد يرى في التاريخ أكثر من هواية وأحياناً تمريناً خطراً عندما يتناول التكنولوجيا.

المؤرّخ من جهته، لا يشعر بالارتياح في مجال لا يجرؤ على سبره، إلاّ إذا لم يكن واعياً لهذا الأمر، وذلك ربّما مخافة السخرية، تدلّنا قراءة كتب التاريخ على ذلك. إنّ الخطر يكمن في كون المؤرّخ، منطلقاً من هذا الموقف، غالباً ما يهمل هذا القطاع التاريخي ممّا يؤثّر في بعض التفسيرات، بخاصّة في ميدان التاريخ الاقتصادي. ويمكننا ذكر بعض الأخطاء، إذا أردنا، التي تملأ نتاج المؤرّخين في ما يخصّ هذا الموضوع.

أغلب الأحيان إذن، يجهل التقني طرق التأريخ، البحث عن المصادر ونقدها، ويقع أحياناً في مفارقات تاريخية شديدة. أمّا المؤرّخ فيتملّص أو في أفضل الأحوال، يكون قد كتب ونشر ما يعرفه ولا يتحمّس لإعادة الكرّة.

لذلك اختار موجّه هذا العمل أن يكتب وحده الجزء الأوّل بكامله. وبما أنّ فكرة الانطلاق منهجية تماماً، سمح هذا الأمر بإضفاء تجانس أكثر إلى الكتاب، والوحدة حلّت مكان فسيفساء من الآراء المتقاربة أو المتباعدة. إلاّ أنّ هذه الميزة رافقتها المصاعب العديدة والعقبات الخطرة؛ لم يكن بوسع الكاتب أن يكون اختصاصياً بكلّ العصور وبكلّ التقنيات. كما عند ديدرو، إن سمحنا بهذه المقارنة البعيدة عن التواضع، عندما كتب القسم الأكبر من المقالات التقنية في «الموسوعة»، كان ينبغي تعلّم الكثير كي نتمكّن من عرض المسألة ولا يسعنا التأكيد بأنّنا نجحنا كلّياً. أخيراً يعود إلى القارىء أن يحكم ما إذا كانت النتيجة تستحقّ العناء.

الجزء الثاني، الذي كان يجب أن يكون عمل أخصّائيين، طرح نفس المشاكل. الاقتصادي، عالم الجغرافية، رجل العلم، عالم الألفاظ، جميعهم لبّوا النداء واستوعبوا المشروع تماماً، بينما تملّص الآخرون، منهم لكثرة ما كان لديهم من مشاغل أخرى ومنهم لأنّهم تخوّفوا من الارتماء في المغامرة ولم يحسّوا بأنفسهم مستعدّين كفاية لتناول موضوع كهذا، والجميع بكلّ ما يمكن من الصدق والصراحة. هل كان من المعقول ترك هذا الجزء أبتر، بتناولنا فقط بعض نواح من المسألة وترك البعض الآخر؟ بعد العديد من التردّدات ووساوس لم تهدأ إلى الآن، اعتمدنا نفس الحلّ السابق واضطرّ المسؤول عن المؤلّف مرّة ثانية للخضوع إلى أصعب التمارين وأصبح بدوره عالم اجتماع، رجل قانون ورجل سياسة. هنا أيضاً يعود أمر الفصل للقارىء.

هذا كلّه يبرّر البطء الذي تحرّر به الكتاب. على مدى أكثر من عشر سنوات يمكننا بسهولة أن نتصوّر كم من الكتب الجديدة صدرت حول عصور أو مسائل كُتِب بشأنها. كان من المستحيل تقريباً الاستفادة من التنويرات الجديدة، إلاّ إذا أردنا أن نعيد النصوص باستمرار. المشكلة نفسها صادفناها بالنسبة للتقنيات الأحدث ونتائجها، فسرعة تطوّر بعض التقنيات في قطاعات معيّنة هي غالباً أكبر من وقت التحرير ومهلات الطباعة، بينما في مجالات أخرى. كالقانون البحري مثلاً. تكون عمليات التنفيذ بطيئة للغاية. نأمل من القرّاء أن يأخذوا هذه الأمور بعين الاعتبار أثناء حكمهم بشأن مجهودنا.

أفضل ما يمكنه التعبير عن الذهنية التي اتّسم بها هذا العمل هو النصّ التالي من ريمون كينو Raymond Queneau: «لا يُعقل أن نكون بصدد اعتبار مجلّدات موسوعة الثريّا أبحاثاً

تعلّمنا علماً بكامله. مع هذا من البديهي أن يكون بإمكان القارىء تعلّم الكثير من الأشياء فيها لأنّها أيضاً تشكّل «حلقة دراسات»، وبنيّتها أن تكون في آن واحد وسيلة تعليم، تقييماً عامّاً وانفتاحاً على المستقبل. ولا يمكن في أي ناحية من هذا المشروع أن نخفي حجم شكوكنا وكمّية ما نجهله. سيتعلّم القارىء كيف يجهل، وكيف يشكّ. إنّها أيضاً مشروع نقدي».

ريمون كينو، الذي عهد إلينا بهذا المؤلّف، لم يعد حاضراً بيننا. عندما نجهد في العمل، نلقى ابتسامات وترحيبات هي أثمن ما يمكن من تشجيع. نودّ أن يُعتبر هذا الكتاب، مع أفضل ما يتضمّنه، تكريماً لذكراه.

برتران جيل
Bertrand GILLE

ملاحظة

تبعاً للعادة التي تنتهجها الموسوعة فإنّ كلاً من الفصول التي تؤلّف هذا الكتاب ينتهي ببيبليوغرافيا موجزة تعطي مصادر المعلومات التي اعتمدها مؤلّفه وتشير إلى الطرق التي تتّبع من أجل أبحاث متخصّصة أكثر.

من جهة أخرى، وكي نسهّل الأبحاث من هذا النوع، يجد القارىء في نهاية الكتاب الأبواب المكمّلة التالية:

1 ـ جدولاً تزامنياً للأحداث التقنية الرئيسية منذ القدم وحتّى أيامنا.

2 ـ فهرساً شاملاً بأسماء الأشخاص المذكورين في الفصول.

3 ـ فهرساً بالرسومات.

4 ـ فهرساً موسعاً عاماً.

قائمة أسماء المشاركين

السادة

أندريه فيل André FEl ، برتران جيل Bertrand GILLE، جان پاران Jean PARENT ، فرنسوا روسّو François Russo.



الباب الاول

مقدمة
إلى تاريخ التكنولوجيا



مقدمة

في العام 1935 كان ما يزال يحقّ للوسيان فيفر (Lucien Febvre) أن يكتب: «تاريخ التقنيات هو إحدى المواد التي يجب ابتكارها بكاملها، تقريباً». قبل ذلك بسنوات كان قد صدر كتاب على أهمية تاريخية، إذ كان يتناول مسألة خاصّة هي مسألة النير والحصان الرَكوب، ويربطها بأحد المنعطفات التاريخية الهامّة وهو انتهاء العبودية. مهما كانت لاحقاً أفكار مؤلّف هذا الكتاب، المقدّم لوفيفر دي نويت (Lefèbvre des Noëttes)، عرضة للنقاش، فقد بدا أنّه فتح طريقاً جديدة وآفاقاً وتفسيرات مستحدثة.

إذا بدا، في العام 1935، أنّ سجلاّت ل. فيفر و. م. بلوك M. Bloch «les Annales» ، لم تكتشف تاريخ التكنولوجيا بالطبع، ولكن لفتت في آن واحد إلى أهمّيته وإلى عدم إعارة المؤرّخين له الاهتمام الكافي، فلا يجب الاعتقاد أنّه كان مهملاً إلى ذلك الحين، ولكنّه بحكم طبيعته الخاصّة كان دائماً خارج المجريات التاريخية. كان من الصعب أن يندمج بالتاريخ ككل كاندماج التكنولوجيا ذاتها مع النظرية الاقتصادية العامّة، إذا أردنا أن نعطي مثلاً. وقد كان لوسيان فيفر يشير إلى وجود نوع من تنازع الاختصاصات، «التاريخ التقني للتكنولوجيا هو عمل تقنيين اختصاصيين بالضرورة، تجنّباً لأخطاء فادحة ولالتباسات محتمة ولجهل مطلق في الشروط العامّة لصناعة معيّنة». ولكنّه سرعان ما يضيف مصحّحاً: «إلاّ أنّه يجب أن يكون عمل تقنيين غير منغلقين لا على عصرهم ولا في أرضهم، هم إذن تقنيون جديرون ليس فقط بأن يفهموا ويفسّروا، ولكن أيضاً بأن يعيدوا تركيب مجموعة أدوات قديمة كأكثر علماء الآثار دقّة وبراعة وأن يفسّروا النصوص كأثقب المؤرخين بصيرة. قطعاً كلّ المشكلة كانت تكمن في هذا الأمر: أن نجمع بين معلومات من أنواع شتّى، وأن نعتمد منهجيات أو ميتودولوجيات متنوّعة».

إذن لا عجب في تخوّف المؤرّخين من ولوجهم ميداناً يجهلونه بشكل مطبق تقريباً. أمّا التقنيون، فقلّما كانوا يهتمّون بتقنيات اختفت وإذا ما تناولوها فإنّما كانوا يفعلون ذلك بذهنية لا تمت إلى التأريخ بصلة إلاّ من بعيد. المؤرّخون كتبوا إذن تاريخاً غابت عنه التقنيات تماماً، بينما انكبّ التقنيون على أبحاث محض تقنية لم يتعدّ تاريخها كونه مجرّد تسلسل

للأحداث. «لا يمكن أن نعزل النشاط التقني عن باقي النشاطات الانسانية» كتب أيضاً لوسيان فيڤر. في إطار تفسير تاريخي عام، كان من الضروري أن نذكر التقنيات، وغريب أن نستنتج أنّه عندما بدأ الاقتصاد يظهر ضمن هذه التفسيرات الكلّية، بعد أن كان غائباً لأمد طويل، فإنّ التقنيات بقيت بعيدة، بحكم بطئها وصعوبة اندماجها مع النظرية الاقتصادية العامّة التي ذكرناها لتوّنا.

ولقد كان هناك الكثير من العثرات، أوّلاً داخل تاريخ التكنولوجيا نفسه، إذ كان ينبغي أن نتجنّب تجزئة لا بد منها في البداية، عندما نكون بصدد عرض الأحداث، ولكن سرعان ما قد شبّب بانغلاق تاريخ كلّ تقنية معيّنة على ذاته. من ثمّ كان من الضروري أن نعيد دمج تاريخ التكنولوجيا هذا ضمن إطار تاريخي منفتح بدوره على الاقتصاد والديمغرافيا وتاريخ العلوم أو الأفكار، وأيضاً على التاريخ الوقائعي الذي لا يجب أن ننسى أهمّية تأثيره. وهكذا يرتسم هدفنا، ولكن قبل أن نصل إلى صلب موضوعنا، ولأنّ المحاولة هي بدون شك جديدة نسبياً، يجدر بنا أن نأخذ بعض الاحتياطات. وهذه الاحتياطات هي ما سيؤلّف أساس هذه المقدّمة المطوّلة.

وقد فكّرنا بأنّه من المفيد أن نضع جدولاً سريعاً لتاريخ التقنيات بحيث نرى تطوّر وتوسّع مادّة، بمواردها وثغراتها، اتّخذت الآن حقّها في الوجود.

الكتاب الأقدم حول تاريخ التقنيات هو قطعاً كتاب الألماني بكمان (Beckmann) **Beiträge zur Geschichte der Erfindungen** ، الذي صدر في ليبزيغ بين 1780 و1805. وكما يدلّ العنوان، يذكر الكتاب تاريخ الاختراعات أي بالتحديد هذا التاريخ المجزّأ المذكور أعلاه. ونفس الأمر تقريباً ينطبق على الكتاب المعاصر إلى حدّ ما من ج. هـ. م. پوپ (J. H. M. Poppe):

Geschichte der technologie seit der Wiederherstellung der Wissenchaften bis an das Ende des 18 Jahrhunderts

وقد صدر بأجزائه الثلاثة في مدينة غوتنجين(Göttingen) بين 1807 و 1811. ولكن هذا المؤلّف كان يأخذ بعين الاعتبار من ناحية مفهوماً كان ما يزال غامضاً حول الجهاز التقني ومن ناحية أخرى بعض الوقائع التاريخية.

وكان لا بد من الانتظار حتّى منتصف القرن التاسع عشر كي نرى تاريخ التقنيات يأخذ نوعاً من الانطلاق ويندمج، بصعوبة أيضاً، في دراسات أخرى. إنّها فترة فرضت فيها الوقائع التقنية نفسها ولفتت أنظار الجميع، تقريباً في العصر الذي يطابق الامبراطورية الثانية. حينها اتّخذت مواقف عدّة.

الموقف الأوّل سعى إلى تلبية الاهتمام الذي بدأ يعيره الجمهور العريض للتقنيات. كان إذن من الضروري الشروع بتعميم معيّن، تعميم التقنيات الموجودة، طبعاً، ولكن أيضاً إظهار أهمّية التقدّم المحرز. بهذا الصدد يجب أن نشير بشكل خاص إلى مجلّدات ل. فيغييه (L. Figuier) «عجائب الصناعة»، توازياً مع «عجائب العلم» التي لا يجب إغفالها حتّى في أيامنا هذه، وقد جرى فيها عرض القطاع الصناعي تلو الآخر لكنّ الوقائع لم تفصل تماماً عن إطار تاريخي محدود.

الموقف الثاني كان يلبّي رغبة بعض التقنيين بمعرفة تاريخ تقنيتهم الخاصّة، ولم يخش بعض مؤلّفي الكتب التقنية من أن يكرّسوا بضع صفحات لتاريخ التقنية التي يتناولها كتابهم. ونذكر هنا الكتاب الكبير «دليل الصناعة المعدنية» للانكليزي بيرسي (Percy)، الذي لم يكن يعطي معلومات حول تاريخ التقنيات المعدنية وحسب، بل أيضاً حول تقنيات بعض البلدان البعيدة.

أمّا الموقف الثالث فيمثل اهتماماً تاريخياً بحتاً، حيث اجتمع علماء آثار وتقنيون لإعادة انشاء تقنيات قديمة. في وسط بحث كان على مدى وأهمّية كبيرين، يمكننا أن نشير إلى نوعين من الأعمال، يتعلّق أوّلهما بإعادة إنشاء التقنيات العسكرية الخاصّة بالقدامى، والمعروف أنّ نابوليون الثالث نفسه كان المحرّض الأوّل لهذا الأمر فقد بدأ أبحاثه قبل 1848 حين كان سجيناً في قصر «هام» (Ham)، كما باشر الكولونيل فافي (Favé)، بطلب من الامبراطور، أعمالاً حول تاريخ سلاح المدفعية وأعاد تركيب بعض الأسلحة واستخدمها على سبيل التجربة، وهكذا تهيأت طريقة اعتمدت بعد ذلك مرات عديدة وبفعالية. والنوع الثاني من الأعمال كان وليد ضرورة، فمنذ أن بوشر بترميم الآثار التاريخية على نطاق واسع كان ينبغي إعادة اكتشاف التقنيات القديمة الكفيلة وحدها بإعطاء هذه الآثار مظهرها الأصل، ومعظمنا يعرف مجهود ڤيوليه لو دوق بهذا الشأن، إذ ما زالت قواميسه حول الهندسة المعمارية والأثاث وإلى يومنا هذا مصدراً مهمّاً لمؤرّخي التقنيات.

والموقف الأخير ذهب أبعد من ذلك أيضاً، إذ كان ينبغي فعلاً دمج التكنولوجيا في التفسيرات العامّة. إنّنا نعرف العناية الخاصّة التي أبداها ماركس بالتكنولوجيا كعنصر مهم في نظريته؛ إذن لا عجب في أنّه ذكر من أجل الجزء التاريخي من أعماله، تاريخ التقنيات ضمن حدود الشكل الموجود في عصره. كما بدأ بعض علماء الاقتصاد في ذلك الحين يشيرون إلى التقدّم التقني ضمن نظريّتهم العامّة.

مذ ذلك، تمّ إطلاق تاريخ التكنولوجيا نوعاً ما، وبدأت تظهر منذ العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر مؤلّفات ما زلنا نستعملها، تهتمّ بشكل عام بتقنيات محدّدة. لنذكر على سبيل

المثال كتاب ل. بيك (L. Beck) حول التقنيات الحديدية، كتاب ثيرستون (Thurston) حول تاريخ مكنة البخار، وكتاب ث. بيك (Th. Beck) حول صناعة وتركيب الآلات. توازياً مع ذلك كانت المؤلّفات التقنية، وبخاصّة تلك المتعلّقة بالعصر القديم، تُدرس، تُنشر وتُترجم؛ وتُعتبر أبحاث برتيلوه (Berthelot) حول الخيماويين وحول بعض التقنيين، والأعمال التي كثرت قبل نهاية القرن حول صانعي الآلات الإغريق في مدرسة الإسكندرية دلائل على ذلك. من ناحية أخرى يعود تاريخ دراسات ث. هـ. مارتان (Th. H. Martin) حول حياة وأعمال هيرون الاسكندراني (Héron d'Alexendrie) إلى 1854. وأحياناً نجد في بعض المجالات مؤلّفات عامّة أكثر، ككتاب أ. اسپيناس (A. Espinas)، الذي صدر عام 1897، حول «مصادر التكنولوجيا».

وتثبتت هذه الحركة في السنوات الأولى من القرن العشرين. كان قد بدأ العالم يحسّ بقيمة الأشياء التي لا تقدّر بثمن،وبدأت متاحف تاريخ التقنيات ظهورها، ليس دون نوع من التزمّت الوطني، فقد أنشىء متحف العلوم Science Museum في لندن، عام 1857، تمجيداً للعلم والتقنية البريطانيين، وأنشىء المتحف الألماني Deutsches Museum في ميونيخ عام 1906. وتابع التاريخ التقليدي للتقنيات، أي حسب القطاعات التقنية، وكذلك تاريخ الاختراعات دربهما. كما بدأت تظهر القواميس التاريخية للتقنيات: على سبيل المثال قاموس بلومنر (Blümner) المتعلّق بتقنيات العصر القديم الكلاسيكي، وقاموس فلدوس (Feldhaus) حول تقنيات العصر القديم، القرون الوسطى والعصر الحديث.

لكنّ الحدث الأهم كان دون ريب أوّل شكل لدمج تاريخ التكنولوجيا ضمن إطار تاريخي عام، وقد كان نشر اطروحة مانتو (Mantoux) عام 1906، حول الثورة الصناعية الانكليزية في القرن الثامن عشر منعطفاً مهمّاً في نتاج مؤرّخي التقنيات. تبعتها بعد ذلك أبحاث بالّوه (Ballot) حول إدخال الآلات إلى الصناعة الفرنسية، التي قطعتها مأساوياً الحرب الكبرى ولم تصدر إلاّ في العام 1922. بعد ذلك أصبحت تقنيات العصر الكلاسيكي ميدان الباحثين الفرنسيين والانكليز بينما انكبّ الألمان على دراسة تقنيات العصر القديم والقرون الوسطى. بعد الحرب العالمية الأولى عرف تاريخ التقنيات نوعاً من التوقّف ولم يستردّ عافيته إلاّ في الثلاثينات. وقد أعطى كلّ من عملي أوشر (Usher) حول الاختراعات الميكانيكية، الصادر عام 1929، والمقدّم لوفيڤردي نويت حول النير والحصان الركوب رونقاً وأهمّية أكيدة لتاريخ التقنيات. وبدأ العالم يفهم عندئذ أنه لا سبيل لتناول التاريخ ككلّ دون ذكر التقنيات، وقد أظهرت أعداد Les Annales من سجلاّت م. بلوك و. ل. فيڤر، من خلاله عدد كرّسته بأكمله لتاريخ التقنيات، كلّ الأهميّة التي ينبغي أن نعلّقها عليه.

فبتحديدها الأهداف التي يجب السعي نحوها وبتصويرها أبعاد المهمّة، حثّت أعداد Les Annales المؤرّخين على متابعة الطريق التي كانت قد انفتحت فسيحة عريضة. قبل الحرب العالمية الثانية كان تاريخ التقنيات قد أخذ الشكل الذي يندرج تحته حالياً. وقد أعطى الكتابان: تاريخ مكنة البخار للانكليزي ديكنسون (Dickinson)، الصادر عام 1939، وتاريخ البناء الخشبي في روان للمقدّم كينيدي (Quenedey)، مثلين على المنهجية، يختلف أحدهما عن الآخر ويتكيّف مع مجاله. في الوقت نفسه تأسّست متاحف وظهرت مراكز أبحاث كمركز فيينّا عام 1931 ومركز جامعة باريس عام 1932.

إلاّ أنّه تجدر الإشارة إلى عدم تنظيم هذه الأبحاث، إلى طابعها الجزئي وإلى نزعاتها المحدودة والضيّقة أحياناً. حتماً قد أظهر بعض التقنيين حساً تاريخياً أصيلاً، ولكن قلّما حاول المؤرّخون الانكباب على دراسة التقنيات خوفاً من تناول مسائل قد يضيعون فيها. وكان التعامل بين مختلف الجدارات يتمّ بشكل رديء أو لا يتمّ البتّة.

بعد الحرب العالمية الثانية اتّخذ تاريخ التكنولوجيا صورته كمادّة بشكل نهائي، لكنّه لم يكن بعد قد اكتسب توازناً كاملاً: إذ كانت ما تزال بعض الاختلافات حول المفهوم قائمة. لكنّ النتيجة الأكيدة كانت ازدياد عدد متاحف ومراكز تاريخ التقنيات، بشكل غزير بعض الأحيان.

ويبقى تاريخ التكنولوجيا معزولاً، أي يبقى نتيجة عمل «رجال علم»، ولا يلج مؤتمرات التاريخ الدولية، ولا يندرج حتّى في المؤتمرات الدولية الحديثة للتاريخ الاقتصادي. إلاّ أنّ كون مختلف أقسام الهيئة الفرنسية للأعمال التاريخية والعلمية قد أنشأت لجنة مشتركة لتاريخ العلوم والتقنيات لهو أمر له دلالته، كما نجد في بعض البلدان هذا التعاون الضروري بين أصحاب الاختصاصات المختلفة، حتّى ولو اقتصر على بحث معيّن، وقد صدر كتاب هنغاري حول الصناعة المعدنية في القرون الوسطى عمل عليه مهندس وعالم معادن وعالم آثار ومؤرّخ. ولا نعتقد أنّه من المستحيل أن يُنقل هذا النوع من المحاولات إلى حقل المؤسّسات.

أمّا المؤلّفات العامّة الأخيرة حول تاريخ التقنيات فتتضمّن ثغرات سبق أن أشرنا إليها. ولكن تكمن هنا مسألة يصعب حلّها، بالطبع نحن بحاجة أوّلاً إلى تاريخ تقني للتقنيات كما قال لوسيان فيفر (Lucien Febvre) ومن الصعب أن ننكر أهمّية العلوم الأحادية، هذه العلوم التي لا تعنى سوى بالتقنيات كتقنيات والتي تعرض مفصّلاً النهج ومرحلة تكوّن الاختراع، ومن تراكمها تولد معرفة حقّة لتاريخ التقنيات، إلاّ أنّه يجب أن توسّع هذه المعرفة، أوّلاً داخل العالم التقني نفسه، كما يجب أن تتناول مراحل تكوّن الاختراع شخصية المخترع

ومرحلة تكوّن فكرة الاختراع كذلك، إذ غالباً ما تسبق الاختراع الناجح، من جهة آمال تتصوّر قائمة بالإمكانيات التقنية البحتة، ومن جهة أخرى، وهذا أمر سوف نعود إليه، حاجة قد تأخذ أشكالاً شتّى. يجدر بعد ذلك فهم لحظة ظهور الاختراع والشخص الذي أنتجه. أبعد من ذلك، يتوقّف نجاح الاختراع، أي جانب الابتكار فيه (إذ أين تكمن التكنولوجيا الحقيقية إن لم يكن في تطبيقها الملموس؟) على بنية اجتماعية، اقتصادية، مؤسّسية وسياسية يستحيل تقريباً فهم الاختراع من دونها. بهذا المعنى تبدو كلّ هذه المؤلّفات الحديثة منغلقة بشكل ضيّق ضمن حدود موضوعها الخاص جدّاً، وهي ليست مؤلّفات غير مفيدة، بل مؤلّفات ناقصة.

وهكذا يتوضّح هدفنا: لسنا بصدد أن نعيد تاريخاً تقنياً حقّاً للتكنولوجيا بكلّ تفاصيله بل إنّ ما أردنا تحقيقه فعلاً هو إدخال العالم التقني في التاريخ ككلّ. وقد شكّل حجم الثغرات في معلوماتنا ووجود تاريخ محكي أكثر منه مفسّر عائقين أمام مهمّتنا، ورأينا أنّه من المستحسن أن نبني، بكلّ تواضع، ما يسمّيه علماء الاقتصاد «نموذجاً» (Modèle) سنحاول تحديده كمخطّط للتفسير. من أجل ذلك كان من الضروري وضع عدد من المفاهيم يجب الاتّفاق عليها، وكذلك استدعاء كلّ المتغيّرات التي يصعب علينا، عند حدّ معيّن، القول ما إذا كانت خارجية أو داخلية المنشأ، وأخيراً إدراك العلاقات التي تولد ضمن كلّ هذه المجموعة. لهذا سنجد، بعد هذه الأسطر، دراسة مهمّة حول هذا المخطّط التفسيري المحتمل. هل هناك حاجة للتذكير أنّه مؤقّت ولا يمكنه بأيّ حال أن يبقى ثابتاً؟ ضمن نطاق تؤخذ فيه المسألة من زاوية أخرى، وجدنا أنّه من المفيد أن نكرّس بضع صفحات للمصادر التي يتناولنا، لطريقة تقديمها وللنقد الذي توجّه إليها. وأخيراً ننهي هذه المقدّمة بيبليوغرافيا عامّة جدّاً، مبسّطة، للتوجيه فقط، سوف تسمح لنا بعدم تكرار العناوين نفسها مرّات عديدة.

المفاهيم والميتودولوجيا

ليس هناك علم أو مادة يستحقّان هذين الاسمين إن لم يحوزا على وسائل تصوّرية وميتودولوجية (منهجية) ضرورية لكلّ تحليل، لهذا لن يدهش القارىء من كوننا خصّصنا قسماً كبيراً من هذه المقدّمة المطوّلة لهذين الجانبين من المسألة.

ينبغي تحليل التكنولوجيا كمادّة علمية،ولم يكن بالإمكان القيام بهذا الأمر، حتّى وخاصّة إن لم يكن بمتناولنا مسبقاً ليس فقط لغة خاصّة، بل أيضاً نماذج تستند إلى تصوّرات ومفاهيم دقيقة. وتهدف هذه النماذج إلى الإجابة انطلاقاً من واقع معيّن إن على الصعيد الساكن، أي المبنيات والأجهزة أو على الصعيد الديناميكي، أي ما نسمّيه «التطوّر التقني». هذا ما سنحاول القيام به، بعد الكثير غيرنا ممّن وضعوا حجراً لبناء الصرح.

قد تبدو هنا العودة إلى مفهومي الجهاز والبنية غير مفيدة لغزارة ما كتب حول الموضوع. بالطبع ما يزال عدد لا بأس به من الشكوك قائماً حول محتوى هاتين الفكرتين المطبّقتين غالباً في مجالات كثيرة التفاوت فيما بينها. مع ذلك بدا أنّه من المهمّ أن نصرّ بعض الشيء عليهما في مجال لم يشهد بعد أيّ بحث جماعي يسعى لتحديدهما نوعاً ما. وكما قيل في ما يخصّ الاقتصاد السياسي، إنّ إدخالهما «يبدو الوسيلة الوحيدة التي وجدها العلم حتّى الآن ليبني جسراً بين نظامي الأبحاث، المفصولين أكثر الأحيان عن بعضهما، البحث التاريخي والتحليل النظري». وما يزيد في جدوى المحاولة هو كون تاريخ التقنيات مادّة حديثة السن وأنّه من الضروري أن نزوّدها منذ البدء بمفاهيم محدّدة جيداً، كان بعضها، من ناحية أخرى، موضوعاً للمناقشات، وبطريقة بحث دقيقة ومتماسكة. ولكن لنذكر أنّنا، لعدم توفّر دراسات معمّقة، سنضطرّ أن نبقى ضمن خطوط موجّهة عريضة وأن لا نزيّن كلامنا حول هذا الموضوع سوى بأمثلة نادرة جدّاً.

منذ البدء تبدو المهمّة صعبة، ونلاحظ أن العبارة نفسها غالباً ما تستعمل بصيغة الجمع: يوجد تقنيات نسيجية كما يوجد تقنيات حديدية. حتّى في أبسط الحالات، لنأخذ مثلاً تقنية صانع القباقيب، ندرك بسرعة أنّ هذه التقنية تتجزّأ إلى عدد من العمليات التي تحتاج غالباً إلى أدوات مختلفة. ماذا نقول إذن عن «تقنية» صانع الأقفال كما يصفها لنا ماتوران جوس (Mathurin Jousse) في بداية القرن السابع عشر، أو دوهاميل دومونسوه (Duhamel du Monceau) عند منتصف القرن الثامن عشر؟ إنّ هذا التردّد يظهر جيّداً شبه الاستحالة لأن نمسك بموضوع البحث بشكل سهل. في الواقع من النادر جدّاً أن تقتصر تقنية معيّنة على فعل أحادي، وحتّى في هذه الحالة يوجد ثنائي لا بدّ منه هو المادّة ــ الطاقة، هذا الثنائي الذي يرتبط عنصراه ببعضهما بواسطة الفعل التقني الذي يحتاج أكثر الأحيان إلى ركن أو ركيزة. وعلى أبسط صعيد ممكن، وحتّى بالنسبة للتقنيات الأكثر بدائية، يوجد تركيب تقني وهو ما نسمّيه، في حالة التقنيات الأكثر تعقيداً، مجموعة تقنية. والركن هو أداة أو طريقة. يفترض قطع شجرة المادّة الأوّلية، المادّة الملائمة للاستعمال الذي نريده، غاية الفعل التقني، طاقة معيّنة وما اتُّفق على تسميته أداة أو أدوات، فأس، منشار، حبل، أسافين ومطرقة، إلخ.

انطلاقاً من هذه الملاحظات، يمكننا تمييز الكثير من المفاهيم المهمّة، وهذا في الواقع لأنّ طبيعة التركيبات التقنية متنوّعة ويمكننا إذن دراستها حسب وجهات نظر مختلفة.

في أسفل السلّم، يمكننا أن نتكلّم عن البنيات، مع أنّ الكلمة مبهمة إلى حدّ ما. إنّها

تركيب أحادي، ويمكننا تمييز بنيات بسيطة نموذجية كالأداة مثلاً، وبنيات مركّبة كالآلة. لتفسير أوضح نأخذ بعض الأمثلة.

لقد أثبت أ. لوروا . غوران (A. Leroi-Gourhan) أنّه حتّى في الأفعال البسيطة هناك إمكانية لتحديد بنيات معيّنة. وهذا الحال مع فعل القطع بواسطة الصدم أو الطرق، يوجد في الواقع ثلاث طُرُق مختلفة:

أ - الصدم الموضوع، كما السكين المضغوط على الخشب، ممّا ينتج قطعاً دقيقاً ولكن قليل الطاقة والنشاط.

ب - الطرق المرسل: المحطب، فأس الحطّاب، بليطة البحّار الحادّة، مما يعطي قطعاً غير دقيق ولكن ذا طاقة كبيرة.

ج - الصدم الموضوع مع طارق، كالإزميل والمدقّ أو المطرقة، الذي يجمع حسنات الطريقتين السابقتين، وهذا ما كان باشلار (Bachelard) يسميّه القوّة المدبّرة والموزّعة.

وكان يجب أن نضيف المنشار، وهي طريقة تختلف قليلاً عن الطريقة الثالثة، وأداتها أكثر تعقيداً لأنّها عبارة عن مجموعة من السكاكين مرصوفة بشكل يعطي قطعاً دقيقاً وتكون فيه القوّة المستعملة ذات قدرة معيّنة أكبر من قدرة السكّين الواحد.

كما أعطي اسم بنية لحالات أخرى معقّدة لا تمثّل، رغم تعقيدها هذا، أكثر من فعل تقني أحادي. لنأخذ المثل الذي أعطاه ج - ل. مونوري (J.-L. Maunoury) : «إنّ السمات التي تحدّد المحرّكات الحرارية تبرز على مستويين، فبصفتها محرّكات تشترك في وظيفتها التي هي خلق العمل؛ وبصفتها أجهزة حرارية تشترك في مبدأ الاشتغال وهو استعمال الحرارة الناتجة عن احتراق أجسام معيّنة.» انطلاقاً من هذا التعريف يحاول المؤلّف أن يظهر البنيات النموذجية المناسبة «التي يعلّل تآلفها مختلف أنواع المحرّكات الحرارية». وهو يميّز أوّلاً مجموعتين من البنيات: بنيات العمل وبنيات الحرارة. وقد أدّى بنا الأمر أخيراً إلى الجدول I المعبّر أكثر من شرح مطوّل:

الجـدول I

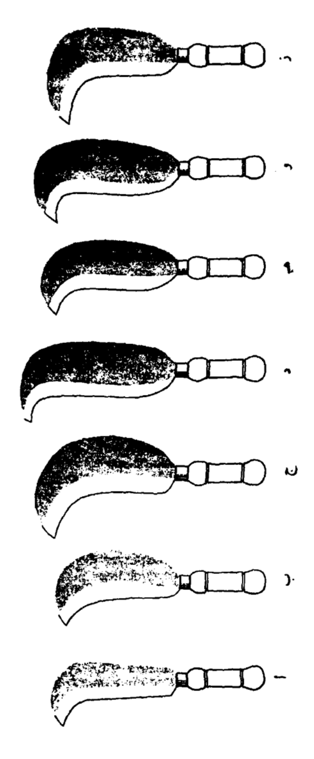
المجموعة البنيوية	المجموعة البنيوية الثانوية	النوع
العمل	طريقة عمل السائل المحرّك	فعل ردّ فعل
	الحركة الناتجة	دائرية تناوبية
الحرارة	طريقة الحصول على الحرارة	احتراق انشطار
	مكان الحصول على الحرارة	داخلي خارجي

(جدول عن مونوري، «تكوّن الابتكارات» (la Genèse des innovations) باريس، 1968).

إنّه مثل كامل عن البنية المركّبة، في الواقع وصل المؤلّف الذي ذكرناه إلى تمييز مجموعات ومجموعات ثانوية بنيوية، ويمكننا حتماً أن نحسّن النموذج المطروح بتطرقنا إلى طبيعة المحروق وشروط استعماله ممّا يضطرّنا إلى إضافة عناصر أخرى (الحارق، الشرارة الكهربائية). كما يمكننا أن نوضّح بعض الصيغ وأن ننظر في بنية محوّل الطاقة نفسها: اسطوانة ومكبس، ويمكنه بواسطة نظام ساعد ـ عاضد أن ينتج حركة دائرية (رحوية)، ودواليب مع جنيّحات، إلخ.

ويبقى هناك الكثير للقول حول الأدوات، تبعاً للحركة التقنية التي تشترك بها، تبعاً للمادّة التي يجب أن تؤثّر عليها، تبعاً للمادّة التي صُنعت منها وتبعاً حتّى لتقاليد الشكل والأبعاد. لن نأخذ سوى مثلين، على أبسط مستوى ممكن.

مؤخّراً، أظهر شارل فريمون (Charles Frémont)، في دراسة حول المنشار، التشكيلة الكاملة لأنواع هذه الآلة. لن نقف عند الفرق بين منشار البرونز ومنشار الحديد، فهو أمر مسلّم به. ولكن توصّل هذا المؤلّف إلى التمييز بين: أ) المنشار السكّين أو منشار الشجر؛ ب) المنشار الكبير للنشر الطولي؛ ج) المنشار مع قوس؛ د) المنشار مع إطار؛ هـ) المنشار الدائري؛ و) المنشار مع شريط.



شكل 1 بعض نماذج المحاطب.

أ، محطب باد؛ ب، محطب نموذج ·موزيل ج، محطب نموذج ميركور؛ د، محطب نموذج شومون؛ هـ محطب باريسي؛ و، محطب نموذج سوليو؛ ز، محطب نموذج ديجون.

ننقل هنا بعض رسومات المحطب (الشكل 1) كما وردت في كاتالوج أحد صانعي هذه الأداة. يوجد في هذا الكاتالوج وبالنسبة لهذه الأداة فقط، مئة وستّة نماذج محاطب جاءت تسمياتها حسب المواقع الجغرافية، وهذا، طبعاً، في فرنسا فقط. وتتناسب هذه الأنواع في آن واحد مع تقاليد محلّية ومع استعمالات مختلفة، حسب العمل وحسب الزراعة الغالبة على المنطقة.

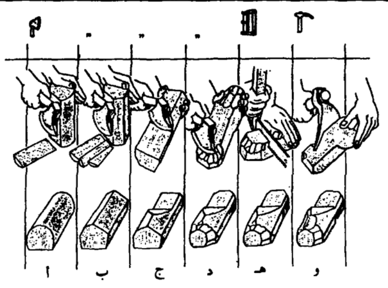
كان ينبغي أن نقوم بأبحاث منهجية حول كلّ الأدوات كي نصل إلى تحليل على أكثر ما يمكن من الدقّة. ويقدّم الكاتالوج الذي أتينا على ذكره صوراً مشابهة للفؤوس، للمناجل وحتّى للسنادين، كما يمكننا الاستفادة من فهارس الأدوات ومجموعات الكاتالوجات القديمة وقوائم الأدوات المحفوظة في المتاحف. وقد أقيمت الدراسات على الصعيد التقني الأكثر بدائية، لا سيّما دراسات أ. لوروا ـ غوران على أنواع الآلات أو الأدوات المعتمدة من أجل عمليّة معيّنة.

والمفهوم الثاني الذي نودّ وضعه هو مفهوم المجموعة التقنية، وهنا ننتقل إلى مستوى آخر. هناك بالفعل تقنيات معقّدة تتطلّب ليس ما يمكن تسميته تقنية أحادية بل تقنيات متوافدة يساهم اتحادها أو تركيبها بفعل تقني محدّد على وجه الدقّة. وقد أخذنا كمثل صناعة الآهن (الحديد المصبوب) التي يظهر كلّ تعقيدها عبر المخطّط المرفق: مشاكل الطاقة، مشكلة المركّبات، المعدن غير الخالص، المحروق، الريح، مسألة الآلة نفسها، مصهر الحديد ومركّباته الخاصّة، الهيكل، المقاومات، الأشكال. نحن هنا بصدد مجموعة كلّ جزء منها ضروري للوصول إلى النتيجة المطلوبة (انظر الشكل 3). ونجد بهذا الشأن أمثلة أخرى في مجال الصناعة الكيميائية حسب تركيبات من نوع مختلف.

والمجموعات التقنية معروفة بشكل عام لأنّ البحث التكنولوجي اهتمّ بها، وكل موجزات التكنولوجيا تقدّم صوراً ومخطّطات يمكن للمؤرّخ أن يستعملها.

المفهوم الأخير يمكن أن يكون مفهوم السياق التقني. السياقات التقنية تؤلّف سلاسل من المجموعات التقنية المعدّة لإعطاء النتيجة المطلوبة التي غالباً ما تتمّ صناعتها على عدّة مراحل متلاحقة.

المثل الأوّل، وهو أبسط الأمثلة، تقدّمه لنا صناعة القبقاب، كما فصّلها باحثو متحف الفنون والتقاليد الشعبية (الشكل 2)، والصورة التي نعرضها لا تمثّل سوى جزء من هذه الصناعة: حيث نرى ست عمليات متتالية، تستعمل ثلاث أدوات مختلفة:

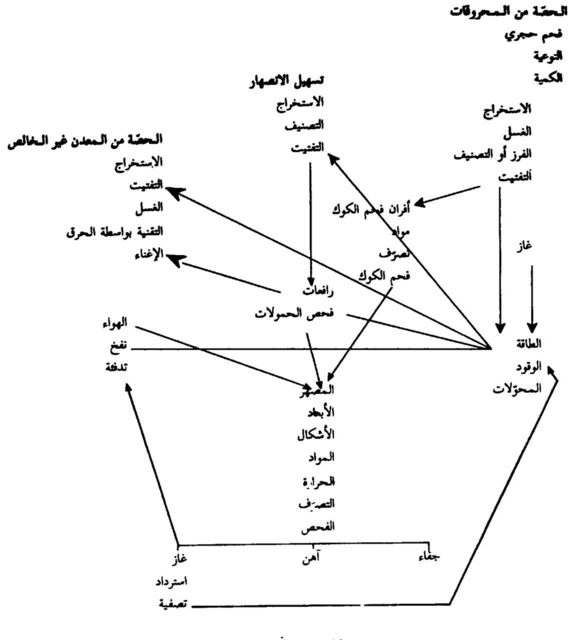


شكل 2. المراحل المختلفة لصناعة القبقاب (دوبس، Doubs).

وهناك بالطبع تتمّة. والآن، من المسودّة إلى المنجل لا نستعمل حتماً سوى آلة واحدة هي المطرقة المائية ولكن بإعطائها تباعاً، بفصل نظام تغيير الحدّ، دور أدوات مختلفة إن كمدقّ أو كسندان.

من الممكن تعقيد هذا المخطّط إذا أخذنا منتجاً محضّراً أكثر (شكل3). من الآهن يمكن أن ننزل إلى الحديد أو إلى الفولاذ، ومنه إلى القوّة المعدّة لإعطاء القطعة شكلها النهائي. هناك إذن تدرّج كامل للتقنيات المختلفة التي تساهم في سير المركّب التقني الذي يمثّله السياق. هكذا الأمر مثلاً بالنسبة للصناعة النسيجية حيث يمكننا تمييز: أ) انتاج المادّة الأوّلية (من أصل حيواني، نباتي أو اصطناعي؛ ب) تحضير هذه المادة لجعلها قابلة للاستعمال (غسل، نقع، قصر وتنظيف)؛ ج) غزل؛ د) نسج؛ هـ) تجهيزات مختلفة، قد تندمج على مستويات مختلفة من الصناعة (دعك وصقل، قص، صباغة، تبييض، إلخ).

إنّ الدراسة التي يتناولناها تجري، ما عدا في حالة المركّبات والمجموعات، تبعاً لخطّ عامودي. ويمكننا أيضاً أن نتصوّرها حسب خطوط أفقية، أي أن نستخدم بنية تقنية واحدة لسياقات مختلفة. هكذا الأمر مثلاً بالنسبة للأدوات وقد لاحظنا أنّ الأداة الواحدة، ذات بنية معيّنة، يمكنها أن تأخذ أشكالاً مختلفة أو تلعب أدواراً مختلفة. هذه هي الحالة، إذا أردنا أخذ أمثلة بسيطة، مع المطرقة أو المطارق، مع الكلاّبة أو الكلاّبات. والأمر نفسه إذا انتقلنا إلى مستوى أكثر تعقيداً، نستعمل بنية الاسطوانة ـ المكبس، كما قلنا، في المحرّكات الحرارية: ونراها كذلك في المضخّات الجاذبة والدافعة ونراها حتّى في القدّاحة.



شكل 3. مركّب تقني،
المصهر.

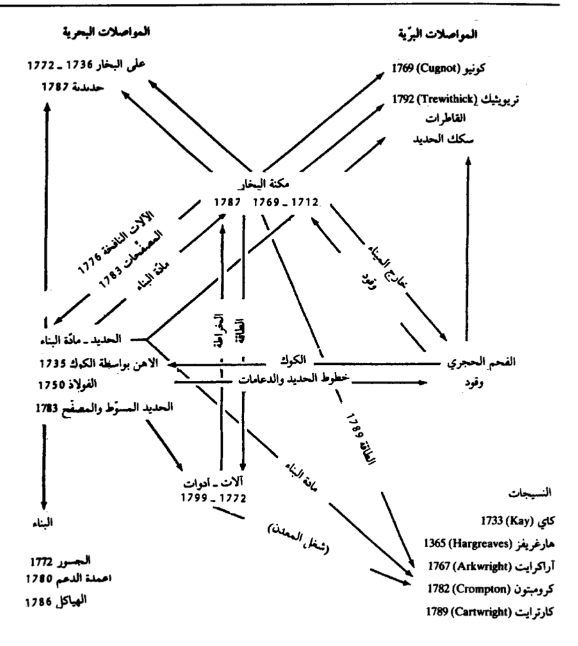
لا يمكن للمجموعة التقنية أو للسياق التقني أن يعمل بشكل طبيعي دون عدد معيّن من الشروط. وهذه الشروط تغطّي إجمالاً، إذا أردنا أن نقتصر على المجال التقني ـ وسنعود بعد لحظة إلى هذا الحصر ـ نوعيات وكمّيات، والتداخلات بين النوعيات والكمّيات هي كثيرة من ناحية أخرى. أوّلاً بين النوعيات: فعمل مادّة معيّنة يتطلّب أدوات ذات نوعيّة معيّنة أيضاً. ولكنّ انتاج كمّيات معيّنة قد يتطلّب كذلك نوعيات محدّدة لوسائل الانتاج. تأثير الكمّية على النوعية أقل ولكنّه مع ذلك يحدث في عدد كبير من الحالات.

إضافة لذلك، قد نصل إلى لحظة تقوم فيها العلاقات، ليس فقط حسب مسار خطّي، بل أيضاً مع تفاعلات متبادلة أو غير مباشرة. عندها، يكون كلّ جزء من المجموعة التقنية، للقيام بدوره، بحاجة إلى عدد من منتجات المجموعة. وتبدو هذه العلاقة واضحة في مجال موادّ البناء: إذا كانت صناعة الحديد تستعمل مكنة البخار، فهذه الأخيرة تحتاج إلى معدن أصلب فأصلب لمقاومة الضغط العالي ثمّ التسخين المفرط. كما أنّ هذه العلاقة موجودة ولو بصورة أخفّ في عدّة مجالات أخرى. في مخطّط انتاج الآهن التّي قدّمناها يبدو لنا من النظرة الأولى أنّ الآهن والحديد ضروريان لكلّ قسم من المجموعة. ويمكننا مضاعفة الأمثلة وتعقيد المخطّطات بأن ندرج مثلاً تقنيات النقل لافتين، كما فعلنا لتوّنا، إلى مسألة الطاقة. هناك حالات تكون فيها العلاقات فيما بين أجزاء المجموعة ومع المجموعة ككلّ وثيقة جدّاً، كحالة الصناعة الكيميائية، وفي حالات أخرى تكون هذه العلاقات أقلّ وضوحاً، أقلّ دقّة وبالتالي ضعيفة نسبياً، كحالة الصناعة النسيجية.

هذا يعني بشكل عام أنّ كلّ التقنيات وعلى درجات متفاوتة تتعلّق إحداها بالأخرى وأنّه يجب أن يكون بينها نوع من الترابط؛ ومجموعة الترابطات هذه على مختلف مستويات كلّ البنيات لكلّ المجموعات ولكلّ السياقات تؤلّف ما يمكن تسميته بالنظام التقني (شكل 4). والعلاقات الداخلية التي تؤمّن حياة هذه الأنظمة التقنية يكثر عددها كلّما تقدّم الزمن أي كلّما اصبحت التقنيات معقّدة أكثر فأكثر، ولا يمكن لهذه العلاقات أن تقوم وأن تصبح فعّالة إلاّ إذا تحقّق مستوى معيّن مشترك لمجموع التقنيات، حتّى لو، هامشياً، كان مستوى بعض التقنيات المستقلّة بالنسبة للتقنيات الأخرى أقلّ أو أعلى من المستوى العام، مع كون الفرضية الثانية أفضل من الأولى بالطبع.

عند الحصول على التوازن، يصبح النظام التقني قابلاً للاستمرار، ويمكن لمحبّي التقطيعات الزمنية أن يحدّدوا هكذا عدداً من الأنظمة التقنية التي تتابعت على مرّ العصور وأن يقوموا بتحليلها، أي أن يحدّدوا، فيما يتجاوز العلوم الأحادية الخاصّة بكلّ تقنية، العلاقات بين التقنيات وطبيعتها والمتطلّبات التي تفترضها.

في الواقع، إنّ الأبحاث التي جرت لهذه الغاية ما تزال غير كاملة وغير أكيدة ومعظم الجداول التي قدّمت تبدو لنا غير كافية البتّة. وقد رسم لويس مامفورد (Lewis Mumford)، بعد آخرين، في مؤلّفه «التقنية والحضارة» ليس وصفاً للأنظمة التقنية، بل حقبات زمنية كبيرة محدّدة بما يكفي من الغموض: المرحلة التقنية الأولى أو المرحلة الإيوتقنية، المرحلة الپاليوتقنية. «إذا كانت كلّ من هاتين المرحلتين تمثّل بالإجمال حقبة من التاريخ الانساني، فهي تتميّز أيضاً بكونها تشكّل مركّباً تقنياً.» هكذا تمّت الإحاطة بالمسألة. «لكلّ مرحلة



شكل 4. مخطط مبسط للنظام التقني في النصف الأول من القرن التاسع عشر

انطلاقاتها في مناطق محدّدة وهي تنزع إلى استغلال بعض الموارد والمواد الأوّلية الخاصّة، ولكلّ منها أيضاً وسائلها المختصّة لاستعمال ولإنتاج الطاقة ولها كذلك أشكال الانتاج الخاصّة بها. تقريباً كلّ قسم من المركّب التقني (ويستعمل هنا المؤلّف هذه العبارة ضمن معنى مختلف عمّا اعتمدنا أعلاه) ينزع إلى إبراز وتمثيل، داخل المركّب نفسه، سلاسل كاملة من العلاقات.» ولتمييز هذه المراحل المختلفة، تطرّأ مامفورد إلى ما يمكن تسميته التقنيات الغالبة التي تمارس، تحديداً بحكم أهمّيتها الشاملة، فعل تمرين للتقنيات الأخرى.

«المرحلة الإيوتقنية هي مركّب من الماء ومن الخشب، المرحلة الباليوتقنية هي مركّب من الفحم ومن الحديد، والمرحلة التقنية الحديثة أو المرحلة النيوتقنية هي مركّب من الكهرباء ومن الأمزجة.» بالطبع الفكرة مهمّة ولكنّ هذا التعداد لما نسمّيه هنا بالأنظمة التقنية يبدو لنا غير كاف أبداً، وتحديد كلّ منها غير دقيق وعشوائي، حتّى ولو نوّع الكاتب أفكاره بتناوله التشابكات التي لا بدّ منها بين نظام وآخر.

وإنّ تحليلاً أكثر دقّة والأخذ بعين الاعتبار عناصر أكثر عدداً يسمحان بتأريخ متراصّ أكثر، لا يقف عند حدود أربع تقسيمات كبيرة لتاريخ التقنيات. وهذا الأمر ضروري لا سيّما أنّنا لا نريد أن نعزل التقنيات عن باقي النشاطات الانسانية التي بدونها يستحيل فهم هذه التقنيات. يبدو إذن أنّه يجب أن نواجه الأنظمة التقنية مع الأنظمة الأخرى وأن نرسم، بخطوط عريضة، طريقة تناول العلاقات التي تجمعها.

من الطبيعي أن يكون علماء الاقتصاد، بحيث كانوا يهتمّون بنفسهم في ميدانهم الخاص بالأنظمة والبنيات، وسنعود مراراً إلى هذا الأمر، قد اهتمّوا بهذه المسألة. مع ذلك، لا يبدو أنّهم دفعوا البحث كثيراً إلى الأمام. إنّ أ. مارشال (A. Marchal)، باتّباعه جزئياً «نظرية النمو الاقتصادي» لِ أ. لويس (A. Lewis)، وزّع مراحل التطوّر التقني من خلال الفكرة التي أخذت في أكثر من عصر عن التقنية أكثر منه ضمن رؤية تقنية بحتة، والحقّ أنّ هذا الأمر كان تحيّزاً سطحياً لإدخال التقنية في الفكر الاقتصادي، ونجد فيه مزيجاً من المفاهيم المختلفة وليس تصوّرات عامّة تسمح بتحديد نظام تقني. في المجتمعات الأمّية، كانت الإنجازات التقنية على نفس المستوى تقريباً: «نفس الأدوات، نفس تقنيات نحت وصقل الحجر، نفس الطرق المعدنية، نفس طرق الزراعة والري، ونفس حيل الصيد نجدها عند شعوب كانت تفصلها قارات وآلاف من السنوات.» ثمّ أصبحت معرفة الكتابة ومعها تطوّر الرياضيات وتجميع المعرفة «ما يميّز المجتمعات القديمة تقنياً عن المجتمعات البدائية تقنياً». كما أنّ مارشال يصنّف القرون الوسطى ضمن المجتمعات القديمة تقنياً، «يتميّز هذا العصر عن المجتمع الحديث بكون جماعة صغيرة من الناس المحظوظين كان لديهم متّسع من الوقت لأن يعكفوا على الفكر المجرّد وحتّى على الاختبار، ولكن دون أن يرموا إلى هدف عملي. عندها كانت الإنجازات التقنية تأتي من حرفيين حاذقين ولكن تقريباً أمّيين كانوا يحسنّون طرقهم عبر تحسّسات تجريبية». عن عصر النهضة، قيل إنّه تميّز بقدوم الفضول والروح العلمية وبامتدادهما إلى الطبقات الاجتماعية الأخرى. من القرن السابع عشر وحتّى بداية القرن التاسع عشر كان الكثير من الاختراعات الثورية عائداً إلى رجال مهنة، تابعين أحياناً علماء هواة. وأمّا القرن العشرون فهو على العكس قد تميّز بمجيء العالم والتقني

المحترفين بدوام كامل، والعمل ضمن فريق أحياناً لحساب الشركات الكبرى ولكن غالباً على عاتق الحكومة.» هنا أيضاً نقص التحليل وسطحيّات تاريخية قديمة عزيزة على علماء الاقتصاد والتباسات مؤسفة تمنعنا رغم ظهور بعض الأفكار من إعطاء شهادة رضى مطلقة عن هذا التقطيع.

في الواقع، مهما كان التحليل الاقتصادي بنيوياً فهو يلغي دور الفعل التقني بشكل كلّي تقريباً، أو لا يتناوله إلاّ ضمن بعض من مظاهره كما سبق أن فعل آدم سميث (Adam Smith) مع تقسيم العمل. المؤلّف الوحيد الذي خصّص له مكاناً ممتازاً ربّما كان ماركس، الذي كان يعلّق عليه بحقّ أهمّية كبيرة فكرّس له الشروحات المطوّلة. وقد كان يجب فقط على مستوى ديناميكية الأنظمة والبنيات أن ندخل «متغيّرة» تقنية. حتّى ولو كان مؤسّسو المدرسة الانكليزية الكلاسيكية، وكل من تبعهم بما فيهم ماركس، يشعرون بالارتباطات الضرورية بين مختلف الأنظمة وبتلاحمها وبتوافقيتها، لطالما كان من الصعب وما يزال أن ندمج التقنية ضمن تفسير اقتصادي عام أو، إذا أردنا التعبير بكلمة أفضل من دمج، أن نقارب بين مستويي النشاط هذين. إذا كانت كلّ مادّة تهدف بشكل أساسي لجعل العالم يدور حولها، فلا ينبغي على الاقتصاد السياسي أن يهمل التقنية، كذلك يجب على مؤرّخ التقنيات أن لا يهمل «القوى» المجاورة.

بالتالي يلمح كلّ علماء الاقتصاد، ولكن عامة بأكثر ما يمكن من الكتمان، إلى البنيات التقنية، وقد كتب مارشال، بصورة ضبابية بعض الشيء، أنّ «النظام الاقتصادي يتميّز بالتنظيم الخاصّ لمختلف أنواع البنيات»، ومن ضمنها طبعاً البنيات التقنية. أمّا بالنسبة لفرنسوا بيرّو (François Perroux) الذي كان أكثر دقّة «النظام الاقتصادي هو تركيبة من جهاز تقني وجهاز علاقات قانونية ـ اجتماعية ودافع اقتصادي أساسي»، إذن كانت أهمّية البنيات التقنية تبدو له كعنصر أساسي، جوهري من عناصر «النظام الاقتصادي».

ما لم نحاول بعد إقامته بشكل مفصّل وكامل هو نظام العلاقات بين التقنية والاقتصاد، كون الأبحاث الحالية تهتمّ أكثر بديناميكية كلّ من نوعي الأنظمة هذين. والتفاعلات متبادلة بالطبع، لقد شمل جوهان أكرمان (Johan Akerman) فعلاً التقنية ضمن «القوى المستقلّة» أو «المحرّكة» ولو أنّ لاحقيه قلّلوا من عددها فقد أبقوا التقنية ضمن هذه «القوى المسيطرة» التي تحدث تطوّر الأنظمة.

العصر الحالي يظهر جيّداً كم تبلغ درجة تأثير الأنظمة التقنية على الأنظمة الاقتصادية. إلاّ أنّه لا يجب أن ندع الصورة تخدعنا، وتسمح لنا عبارة أكرمان «القوى المستقلّة» ربّما بالإحاطة أكثر بالمسألة. من الواضح أنّ هناك تفاعلاً بين فئتي الأنظمة، وأنّه لا

وجود البتة لقوى مستقلّة كلّياً أو لقوى محثّة كلّياً. إنّ حجم المشاريع، ونفقات الانتاج والاستثمارات تتوقّف بشكل وثيق على المستوى التقني، بعبارة أخرى، يجب أن نحدّد، وهذا أهمّ من معنى السيطرة، قواعد الارتباط بين النظام الاقتصادي والنظام التقني، حتّى دون أن يكون بإمكاننا مسبقاً القول بوجود أو عدم وجود سبل إلزامية. في الواقع من المفيد أن نقارن، بالنسبة لمختلف العصور، بين عالمي الاقتصاد والتقنية. «مكنة البخار والرأسمالية» يؤكّد عنوان كتاب بايان (Payen) الأخير، بعد كثير من المؤلّفين الذين يرمزون إلى الرأسمالية الحديثة ـ لأنّه كان للرأسمالية أشكال متعدّدة ـ بواسطة مكنة البخار. وإذا لم تكن الصورة تمثيلاً صادقاً للواقع، فقد امتازت على الأقلّ بأنّها أطلقت بحثاً عميقاً ومثمراً، قلّما اتُّبع بعد. ينبغي تحليل المتطلّبات المتبادلة بين الأنظمة التقنية والأنظمة الاقتصادية، وقد استطاع البعض أن يفكّر أنّ الأنظمة التقنية كانت في أيّ وقت أكثر جبريّة من الأنظمة الاقتصادية.

بالمقابل، يجب أن تدرج التقنية في نظام كلفة معيّن وتنظيم انتاجي معيّن وإلاّ فقدت أهميّتها الاقتصادية، التي هي غايتها الخاصّة. حتّى أنّنا نعرف أنّ التقنيات الحرفية استطاعت عند حدّ معيّن أن تستمرّ بفضل نوع خاص من الطلب. في السوق وفي حساب حدود الربح يمكننا رؤية التقنية تفرض نفسها أو تُرفض، ولنلفت إلى أنّه إذا نظرنا على صعيد عالمي، أو على الأقلّ على صعيد دولي، يمكن للسلطة أن تأخذ إجراءات تساهم في استمرارية تقنيات قد تبطل في سوق حرّ.

في الحقيقة، يُطرح السؤال خاصّة من خلال وجهة نظر ديناميكة؛ عندما يفرض تطوّر معيّن نفسه يجوز، إذا أردنا أن نعتمد تعبيرات حديثة، أن لا يكون هناك أكثر من صيغة واحدة للتطوير. عندما يفرض النظام التقني على النظام الاقتصادي تطوّراً لا يستطيع، مؤقّتاً أو لا، أن يتحمّله، بالإمكان اللجوء إلى حلول أخرى. يمكننا أن نبدل الرأسمالية الحرّة، وهي نموذج الغرب الأوروبي، برأسمالية الدولة وحتّى بالجماعية. نشير هنا إلى مجهود كولبير (Colbert) الذي تصوّر أو نظّم طرقاً جديدة لإدخال تقنيات لم تكن معروفة بعد في فرنسا، ونشير أيضاً إلى إقامة الدولة لبعض شبكات سكك الحديد، في القرن التاسع عشر، في فرنسا وغيرها، بفضل ضمان الفائدة منها. وماذا نقول عن الأنظمة المدافعة التي أنشئت في أوروبا حوالي 1820-1821 لتجنّب منافسة الصناعة الانكليزية المتفوّقة تقنياً ولإعطاء القارّة وقتاً تقوم فيه بتحوّلها التكنولوجي.

حتّى ولو كان هذا الأمر موضوع نقاش اليوم، فلا يقلّ صحّة عمّا ذكرنا أنّ المقدّم لوفيفر دي نويت (Lefébvre des Noëttes) بربطه بين طريقة النير واختفاء الرقّ قد فهم أنّه توجد علاقة، لا تقلّ شدّة عن سابقتها، بين النظام التقني والنظام الاجتماعي.

هنا يطرح السؤال الأوّل نفسه، وقد تأكدّت أهمّيته نوعاً ما عبر قراءة السجلاّت الحديثة: إنّه العلاقة التي يمكن أن توجد بين تعداد سكاني أمثل والمستوى التقني العام. لقد حلّل م. بوكيه (M. Buquet) بكلّ دقّة المواقف التي أخذها إزاء هذه المسألة عدد من المؤلّفين منذ ستوارت ميل (Stuart Mill) ، ولكن بصورة خاصّة من خلال رؤية ديناميكية سنعود إليها لاحقاً. إلاّ أنّه يبدو من الصعب أن ننكر أنّه عند مستوى تقني معيّن نجد تعداداً سكانياً أمثل، وعند تغيير في المستوى التقني، بمعنى التطوير، فإنّ منحنى التعداد السكّاني الأمثل بالنسبة لمتوسّط الدخل الفردي لا يتغيّر من حيث الشكل ولكنّه ينتقل، بواسطة إزاحة، نحو الأعلى.

أن تكون الأنظمة الاجتماعية والأنظمة التقنية على علاقة وثيقة يبدو أمراً بديهياً للوهلة الأولى. إنّ تبنّي نظام تقني معيّن يدعو بالضرورة إلى تبنّي نظام اجتماعي مناسب، بغية المحافظة على الارتباطات. هل يعني هذا أنّه هنا أيضاً للأنظمة التقنية نزعة غالبة على الأنظمة الاجتماعية؟ نعم وكلاّ، بالطبع، كما في المجال الاقتصادي. نعم عندما يفرض النظام التقني نفسه لأسباب تكون عامّة خارجية المنشأ، ولكن هناك أيضاً حالات رفض نملك عليها العديد من الأمثلة. كي يفرض النظام التقني الجديد نفسه، يجب بالضرورة أن يؤدّي إلى تكيّفات اجتماعية لا بدّ منها. منذ القرون الوسطى كانت الاتّحادات ترفض في قوانينها، وهي قوانين يجب الاعتراف بأنّها عبارة عن قوائم ممنوعات وليس مجموعات من الأنظمة الإيجابية، العديد من التقنيات الحديثة القادرة على تدمير تنظيم مقرّر سلفاً: رفض بعض مستحضرات الإعداد أو الصباغة، رفض المضخّة، والدّعك أو العصر آلياً، والندافة (الحلاجة). ونجد أمثلة حتّى منتصف القرن السابع عشر كما سنرى، ولنذكر حالة رصّ سمك الرنكة في البراميل، عند نهاية القرون الوسطى، الذي أثار البنيات الاجتماعية لسكّان السواحل، ولنذكر أيضاً حالة صناعة الأحذية بواسطة الآلة، في يانكي سيتي (Yankee City)، في النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ومن الطبيعي أن يكون التكيّف الاجتماعي ضرورياً أكثر إذا كان النظام التقني الجديد يؤدّي إلى إحلال نشاط غالب مكان نشاط قديم ذي طبيعة مختلفة تماماً.

توزيع اليد العاملة، التصنيف، وبالتالي المستويات الفكرية وطرق الحياة هي عناصر أنظمة اجتماعية مع العادات الاجتماعية، طبيعة الجماعات وأنماط التفكير عليها أن تتكيّف مع نظام تقني معيّن. وإذا عرفنا أن الأنظمة الاجتماعية هي صلبة بصورة خاصّة، نفهم بسهولة كم يصعب وضع التلاحم بين هاتين الفئتين من الأنظمة. والخوف من البطالة التكنولوجية كان موجوداً منذ أمد طويل، حتّى منذ القرون الوسطى، وحتّى في البلدان الأكثر صناعيّة. ماذا

نقول إذن عن تبنّي أنظمة تكنولوجية حديثة في البلاد النامية حيث تكون البنيات الاجتماعية أحياناً عديمة التكيّف.

أمّا بنيات الاستهلاك فهي حتماً أكثر مرونة، ولكن هنا أيضاً نجد أحياناً أنواعاً من الصدّ لافتة للنظر. خلال حملة دراسية جرت في فرنسا عام 1829 حول المكاوي المنزلية، لاحظ بعض الحدّادين رفض المستهلكين لمكاوي الفحم الحجري وتعلّقهم بمكاوي الخشب. مع ذلك نشير إلى أنّه كلّما تقدّم الزمن كلّما تأقلمت بنيات الاستهلاك بسرعة مع المنتوجات الجديدة. قد يكون من الممكن تحديد العلاقات بين النظام التقني والأنظمة الأخرى، والبحث في هذا المضمار ما يزال غائباً كلّياً.

لقد تتابعت الأنظمة التقنية في الزمان وفي المكان، ولقد قلنا وكرّرنا إنّ تأريخ ديناميكية الأنظمة التقنية كان إحدى أفضل الوسائل لتناول مشاكل السكونية (Static)، التحليل السكوني، فالتحليل الديناميكي يبرز العديد من المسائل المهمّة، أوّلها مسألة حدود النظام التقني، هذه المسألة التي تتحكّم نوعاً ما بالتطوّر التقني.

أصبح الآن مفهوم الحدّ البنيوي مألوفاً لدى الجميع، وموقعه الطبيعي هو في الحركة. ونشعر بوجود هذه الحدود البنيوية عند نهاية فترة الانتشار، ويمكننا كشفها إمّا من خلال صعوبة زيادة الكمّيات، إمّا باستحالة خفض نفقات الانتاج، إمّا أيضاً من خلال استحالة تنويع المنتوجات. هذه هي إذن مسائل تترجم على الصعيد الاقتصادي بكمّيات، بنوعيات وبتكاليف، وبين مختلف هذه العناصر نجد فوق هذا تشابكات كثيرة.

هذا القسم من البحث قلّما تطرّأ إليه المؤرّخون، لسوء الحظ لأنّه قسم منوّر جدّاً. لقد قيل بأنّ الأزمات الكبيرة في القرن الرابع عشر قد كان سببها نقص في تكيّف التقنيات مع طلب متزايد في آن واحد بسبب الانتشار الديموغرافي وتزايد الطلب الفردي. ينبغي أن ندرس بشكل أدقّ حدود ما سوف نسمّيه التقنية الكلاسيكية. إنّ التضخّم الذي أحدثه تدفّق المعادن الثمينة من القارة الجديدة تبعه طلب متزايد وبنسب عالية للسلع الاستهلاكية: وقد تكون الاضطرابات التي تدرّجت من منتصف القرن السادس عشر إلى منتصف القرن السابع عشر نتيجة له، وكذلك التراجع الديموغرافي الذي برز منذ أقصى نهاية القرن السادس عشر. قد يكون بإمكان هذه الظواهر أن تفسّر نوعاً ما عدم قدرة هذه التقنية الكلاسيكية على تلبية هذا الطلب وسوف نرى الركود الطويل للتقنيات حتّى الثلث الأوّل من القرن الثامن عشر، فبالإضافة إلى ذلك تسبّب هذا التراجع الديموغرافي نحو منتصف القرن السابع عشر بجعل التجديد التقني أقلّ ضرورة. سوف تستنتج، من جهة أخرى، أن ذلك العصر تأخّر أيضاً بمجاعات وأوبئة يبدو أنّها رافقت الركود التقني: الطاعون من1629 إلى1631 ، المجاعة عام

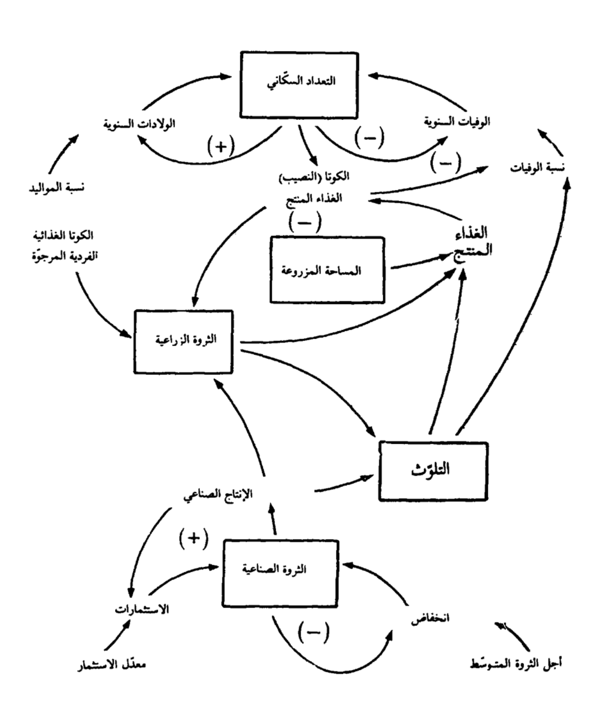
الطاعون 1709، عام 1720. وكان يجب انتظار الثلث الثاني من القرن الثامن عشر كي نرى استئناف التطوّر التقني والانطلاق الديموغرافي في آن واحد.

سوف نرى أنّنا تبيّنا نظاماً تقنياً جديداً ظهر نحو منتصف القرن التاسع عشر، وتستند هذه الفكرة إلى فعل جديد ذلك العصر، فقد أحدثت الحدود أو التقصيرات التقنية في العصور السابقة للقرن الثامن عشر توقّفاً في النمو وأزمات على درجات متفاوتة من الشدّة. ولكن قد يكون بإمكاننا أن نفترض أنّه يجوز ملاحقة النمو عبر وضع نظام تقني جديد حتّى خلال التطوّر نفسه: وهذا ما كان دون شك الحال عند منتصف القرن التاسع عشر. إنّ وجود نظام تقني جديد هو أمر بديهي تماماً وبدونه لما تمكّنت ربّما البلدان المتقدّمة اقتصادياً من متابعة تطوّرها، كما أنّ هذا الأمر سيكون فرصة البلدان التي كانت انطلاقتها تحديداً في ذلك الحين في الاستفادة من التقنية المتفوّقة دون إيجاد صعوبة في حذف التقنيات اللاغية، وهذا أمر لا يتمّ بهذا اليسر. وقد لا يكون من المستحيل أن نفترض أنّ أزمة عام 1929 ، التي نعرف حجم نتائجها، كانت أيضاً ثمرة حصر تقني سوف نتجاوزه، آخذين بالطبع بعين الاعتبار دور عوامل أخرى سيُسمح لنا بعدم التركيز عليها.

لقد قام باحثون من الـ .M. I. T ، في تقرير ظهر مؤخّراً «حدود النمو» (The Limits of Growth) ، بتقديم المستقبل تحت صورة متشائمة جدّاً، والنموذج الذي اعتمدوه مبني على عدد من المعطيات تمثّل ميولاً لا يمكن الاعتراض عليها. في الواقع، لقد أخذوا خمس ظواهر بعين الاعتبار: وضع الموارد الطبيعية التي لا يمكن تجديدها (المنتجات المنجمية مثلاً)، التعداد السكاني العالمي، كميّة التغذية المتوفّرة لكلّ نفس، الانتاج الصناعي لكلّ نفس ودرجة التلوّث، ثمّ وضعوا نموذجاً يبرز العلاقات المتبادلة بين هذه الظواهر (طريقة الحلقات)، بعد ذلك خضع هذا النموذج لمحاولات ناتجة عن ديناميكية الأنظمة (الشكل 5). وهكذا حصل الباحثون، على شكل حزمة من المنحنيات، على نموذج معيار (ستاندارد) ينتسب إلى الفترة المحصورة بين 1900و 2100، ننقله إليكم هنا. في مرحلة أولى، لقد أُلغي دور التطوّر التقني في قسم كبير، وفي مرحلة ثانية أدرج باحثو الـ .M. I. T عدداً من التطوّرات التكنولوجية، المتجمّعة حتماً ولكن غير المبنيّة ضمن نظام ودون علاقات ظاهرة مع الأنظمة الأخرى إلى حدّ تكريس انعدام التلاحم أو التوافق بين الأنظمة، وسنعود لاحقاً إلى هذا الأمر. من وجهة نظرنا، كان بالإمكان القيام بعمل من هذا النوع تحديداً بين العامين 1850 و 1855، حول تطوّر العالم في القرنين اللاحقين، ولكان عرف نفس التشاؤم ونفس المخاوف، وسوف نرى الأسباب.

فيما يتعدّى هذه الصياغة العامّة، يجب الإحاطة بالمسألة في تفاصيل كلّ تقنية. إذا

ـ أ ـ


التعداد السكّاني
الولادات السنوية
الوفيات السنوية
(+)
(−)
(−)
نسبة المواليد
الكوتا (النصيب)
الغذاء المنتج
نسبة الوفيات
(−)
الكوتا الغذائية
الفردية المرجوّة
المساحة المزروعة
الغذاء
المنتج
الثروة الزراعية
التلوّث
الإنتاج الصناعي
(+)
الثروة الصناعية
الاستثمارات
انخفاض
(−)
معدّل الاستثمار
أجل الثروة المتوسّط

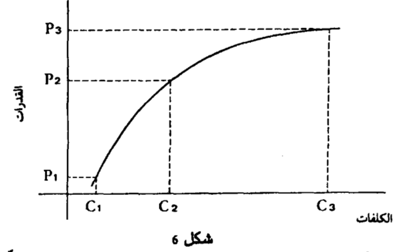
A



شكل 5حلقات تحكم التعداد السكاني، الثروة، الانتاج الزراعي والتلوث (A) وسلوك النموذج العام (B).
(عن د. هـ. ميدوز (D. H. Meadows) ورفاقه، «Halte à la croissance»، باريس 1972).

استبعدنا حالة توسيع المساحات المزروعة التي لعبت بشكل لا يُستهان به دوراً كبيراً بعد اكتشاف أميركا وخاصّة في القرن التاسع عشر عندما تحدّدت قيمة الأراضي تقريباً بشكل نهائي، قلّما يكون بالإمكان الاعتقاد بتزايد خصوبة وإنتاجية الأرض، إن لم يكن من خلال انتقاء الأنواع فعلى الأقلّ من خلال الأسمدة المتزايدة الفعالية. ندرك إذن أننا لكنّا وصلنا إلى حدود معيّنة لولا ساهم علم النبات بانتقاء البذار ولولا أوجدت الكيمياء الأسمدة الاصطناعية. لكلّ العناصر التالية دخل في الأمر: الزراعة الخفيفة، الزراعة الكثيفة، طرق الزراعة، طرق إغناء التربة. من الممكن هنا أيضاً وضع مخطّطات بسيطة قد تعيّن الحدود التكنولوجية، هذه الحدود التي ينقلها التاريخ إلينا. لطالما وقفت في طريق تزايد استهلاك اللحومات صعوبة جعل الحيوانات تمضي فصل الشتاء: وقد سمح ظهور العلف الاصطناعي بتجاوز حدّ أهم من انتقاء الأجناس. منذ اليوم الذي أصبحنا نملك فيه الوسائل التقنية لحفظ الحبوب، انخفض حجم الأزمات الزروعية (المتعلّقة بالحبوب) بشكل ملموس لأنّه أصبح بالإمكان تعويض السنوات الرديئة بالسنوات الخيّرة.

بالطبع يمكننا أخذ أمثلة في المجال الصناعي، ويبدو لنا مثل الطاقة ذا دلالة بهذا الصدد، فهو يستند في الواقع إلى عدد من العوامل يمكننا المرور بسرعة على بعضها ممّا يلعب، حسب الصناعات، دوراً على أهمّية كبيرة أو صغيرة: هكذا الأمر مثلاً بالنسبة لحجم الآلات عندما تتزايد مقدرتها، ممّا فرض على المواصلات البخارية، برّية وبحريّة، مشاكل صعبة (بالنسبة لباخرة، تتزايد القدرة الضرورية تبعاً للسرعات بشكل سريع تقريباً كالأس ثلاثة للسرعات). وهكذا أيضاً بالنسبة لمرونة السير: مكنة البخار الكلاسيكية، التناوبية، كانت متصلّبة بعض الشيء بالنسبة لطلب متغيّر. أخيراً هناك مسألة دقيقة بقيت مطروحة على مدى القرون وهي مسألة نقل الطاقة على بُعد. بعيداً عن هذه الاعتبارات التي قد تكون عديدة، بما أنّ معاينتنا لا تغطّي كلّ الحالات، فإنّ ابتكار وبناء ومردود مكنة البخار الكلاسيكية، أي المكنة القديمة التناوبية، هي أمور أعطتها بالضرورة حدوداً ضيّقة بما فيه الكفاية، ولم يكن بإمكانها أن تناسب سوى قدرات ذات قيمة معيّنة، لا تتجاوز 5000 حصان. أقلّ من هذا لم تكن مربحة وأكثر كانت توجد استحالات تقنية. لنحاول أن نصوّر المسألة، يظهر لنا منحنى الشكل، أنّه عند مستوى معيّن، يجري تزايد القدرة (Puissance) $\frac{P1}{P2}$ مع كلفة معقولة $\frac{C1}{C2}$، بعد ذلك لا يمكن لتزايد تناسبياً أصغر $\frac{P2}{P3}$ أن يجري سوى مع تزايد للكلفة تناسبياً أكبر بكثير $\frac{C2}{C3}$. بعبارة أخرى، بعد مقدرة معيّنة، لا يمكن أي تزايد: فالأبعاد والمردود والنفقات وهي أمور متعلّقة ببعضها بالضرورة تفرض حدّاً لا يمكن التفكير باجتيازه.



شكل 6

يوجد حتماً حدود ذات طبيعة مختلفة: إنّها هي الحدود التي يركّز عليها تقرير هارڤرد. التذخيرات بالمواد الأوّلية قابلة لأن تنضب، هكذا كان بالنسبة لصناعة الحديد الانكليزية عند نهاية القرن السابع عشر: كاد النقص في فحم الخشب يؤدّي بهذه الصناعة إلى اختناق شبه كامل، ثمّ أتى اكتشاف آهن فحم الكوك وأنقذها وأعطاها أبعاداً أخرى. ربّما كان الشيء نفسه سيحدث بالنسبة للفحم في عصرنا لولا إيجاد مصادر أخرى للطاقة، كالنفط والطاقة المائية والكهرباء، وغداً الطاقة النووية، بالطبع على شرط أن نحوز على المحوّلات الملائمة، وعلى إدراجها الصحيح في الأنظمة الأخرى.

يمكننا مضاعفة الأمثلة حول هذه الحدود التكنولوجية التي يمكنها أن تسدّ طريق نظام كامل، ويمكنها أيضاً، كما سنرى لاحقاً، أن تخلق عدم توازنات تتسبّب بوجود أزمات. حدود خاصّة بسلالة تكنولوجية معيّنة وقد ذكرنا لتوّنا حالة مكنة البخار القديمة التناوبية الكلاسيكية، حدود التموين بالمواد الأوّلية وقد ذكرنا حالة فحم الخشب والكوك، حدود توجد داخل السياق التقني بسبب انحرافات بين مختلف مستويات صناعة معيّنة كما نرى بالنسبة للصناعة النسيجية الانكليزية في القرن الثامن عشر، ولكن أيضاً حدود ذات طبيعة اقتصادية، كحالة سكك الحديد في منتصف القرن التاسع عشر. هنا أيضاً ودائماً يلزمنا تحليلات دقيقة وقوائم قد تكون ضرورية لإجراء دراسة واقعية وعامّة للتطوّر التقني.

بعد هذا نعود إلى الرؤية العامّة. إذا كانت في الواقع، وكما حاولنا أن نظهر، كلّ التقنيات متضامناً بعضها مع بعض، فإنّ وجود حدّ في قطاع معيّن يمكنه أن يسدّ طريق نظام تقني بأكمله، أي سدّ طريقه خلال تطوّره العام. لنعد إلى المثل الذي تطرّأنا إليه لتوّنا، نحو 1855-1850 هدّد وضع سكك الحديد بالتسبّب بورطة مالية في حال تواصل السعي إلى زيادة سرعة القطارات ووزنها، وحدها سكّة الفولاذ كانت قادرة على تحمّل هذه الحالة: ولم

تصبح قيد الاستعمال، لأسباب تتعلّق بالكمّية وبالكلفة، إلاّ بعد اكتشاف بيسمر (Bessemer) الذي خضع بدوره إلى حدود تقنية أُزيلت بعد عشرين سنة بواسطة توماس (Thomas) وغيلكرست (Gilchrist) .

إنّ مفهوم التركيب التقني نفسه يُظهر جيّداً أهمّية الحدود البنيوية في هذا المجال، وهي بالطبع تتفاوت أهمّيتها من حيث تسمح بعض البدائل، الخارجية أو خارجية المنشأ، بإخفاء الصعوبات: هكذا كان الاستغلال الخفيف للأراضي طالما كانت هذه السياسة ممكنة. فوق هذا، نرى أنّه بإمكان بعض البلدان أن تستغني عن بعض التجديدات التقنية حيث إنّه، إذا أخذنا بعين الاعتبار ظروفاً خاصّة غالباً ما تكون ذات طابع اقتصادي أو اجتماعي، لا تكون حدود عدد من التقنيات قد تمّ الوصول إليها. هنا تتدخّل معطيات خارجية المنشأ بقصد تصحيح اختلالات واضحة، وذلك على صعيد خارجي المنشأ أيضاً. ونرى ذلك في حالة التعرفات الواقية التي تُعتبر في كثير من الأمثلة دفاعاً وطنياً ضدّ تكنولوجيا خارجية متفوّقة كثيراً، هكذا، كما في 1821-1822، سمحت القوانين التي وضعت حول استيراد المكاوي الانكليزية إلى فرنسا بالحفاظ على بنيات تقنية تقليدية. ولكن يجب أن نذكر أنّ في هذه الإجراءات دخلت اعتبارات ذات طبيعة مختلفة وسوف نعود إليها: تنظيم سيّء للموارد الطبيعية، الذهنية الروتينية لدى المسؤولين الصناعيين، المجموعات الضاغطة، إلخ. كما أنّ فرنسا قد انتظرت كثيراً قبل أن تعتمد مكنة البخار تبعاً، هنا أيضاً، لتنظيم الثروات الفحمية ومصاعب المواصلات وليس بسبب صعوبات تقنية محضة. في الواقع كان يجب انتظار العام 1881 كي نرى الطاقة البخارية تسبق الطاقة المائية. وإذا أردنا أن نأخذ المثل السابق مجدّداً، فتشتّت موارد المواد الأوّلية، الفحم الحجري والحديد غير الخالص، فرض الإبقاء على انتاج تقليدي للآهن: وفقط في العام 1864 أصبحنا نرى انتاج آهن فحم الكوك يسبق انتاج آهن الخشب. إذن عبر وسائل أخرى، الوقاية الجمركية، استطاع بلد مثل فرنسا ـ وتلك كانت حينها حالة معظم بلدان القارّة الأوروبية ـ أن لا يتجاوز بعض الحدود، طبعاً حيث لم يكن مستوى الكمّيات المنتجة يعيق نموّاً معيّناً، وأيضاً حيث لم يكن البلد يشارك في مجمل التجارة الدولية أو يشارك بشكل ضعيف: وربّما هنا يكمن تفسير واف لصغر الدور الذي لعبته فرنسا طويلاً على الصعيد العالمي.

هنا نجد دراسة تاريخية كبيرة الأهمّية جاهزة للتحقيق، في الواقع ينفتح الكثير من الدروب عندما تصل التقنيات المعتمدة، في بلد معيّن، إلى حدّ أمام التقنيات المتفوّقة في البلدان الأخرى. ونذكر فوراً أنّه بإمكان بعض البلدان المنتجة للمواد الأوّلية الضرورية في نظام تقني معيّن أن تعيش من مبيع هذه المنتجات مع حفاظها، داخل حدودها، على البنيات

القديمة. في موضع آخر، تمّ تجنّب الصعوبة بواسطة مواربات تقنية إذا كانت الحياة الاقتصادية مستحيلة بدون هذه المنتجات الأساسية: هذه هي كلّ القصّة المعقّدة، والمعقّدة أكثر ممّا قيل دوماً، للمنتوجات البديلة، التي قد يكون فحم الكوك من أوّل المواد التي تمثّلها يتبعه، من سكّر الشمندر إلى الكاوتشوك الصناعي، عدد كبير من المنتجات.

نستنتج أنّ التحليل الديناميكي المحض هو ما يبدو، على الأقلّ في هذه الفترة الأولى من البحث، التحليل المثمر، فهو لا يسمح بتبيّن البنيات والأنظمة فحسب بل يُبرز أيضاً الحدود البنيوية التي تدفع إلى الاختراع والتي تؤدّي إلى تبدّلات الأنظمة. هنا نجد إذن قطبي «التطوّر التقني» الأساسيين: الخطوط التكنولوجية من جهة والعوائق من جهة أخرى. ما تزال دراسة ديناميكية البنيات التكنولوجية في مرحلة الطفولة رغم المؤلّفات الكثيرة التي خصّصت لها، لن يكون إذن بإمكاننا هنا سوى رسم المخطّطات لا سيّما أنّه قد يكون من الضروري استدعاء الأنظمة والبنيات خارجية المنشأ لتقدير مدى تعقيدها بشكل مؤات. إنّ تفسيراً عامّاً في القطاع التقني المحض نبسطه إلى مستويات مختلفة متعلّقة بالأنظمة الأخرى، يبدو أنّه يدخل أربعة مفاهيم مختلفة لكلّ منها كيانه الخاص، وسنقوم باستعراضها تباعاً.

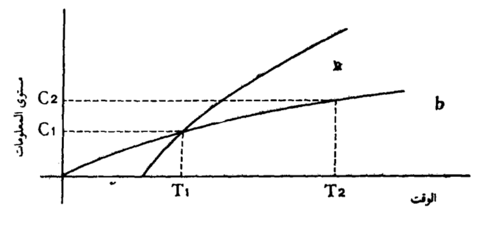
التطوّر العلمي هو التطوّر المعروف لأنّه كان موضع دراسة أكثر من غيره، إلاّ أن علاقاته مع التطوّر التقني تستحقّ أن تحدّد تحديداً أفضل: وهذه العلاقات ستكون موضوع فصل خاص من الكتاب، ولكن لنحاول منذ الآن وبشكل مختصر أن نحدّد بعض النقاط المهمّة ولنشر رأساً إلى أنّ التطوّر العلمي نفسه ليس دوماً كامل الاستقلال. لقد استطاعت التقنيات أن تساعد بطرحها مسائل محدّدة في إحداث تطوّرات علمية معيّنة. قد لا يكون من المستحيل الاعتقاد بأن بعض أشكال الرياضيات أو الفيزياء الحديثة كانت نتيجة اهتمامات تقنية، والهندسة نفسها كانت تقنية مسّاح أراضي قبل أن تصبح «علماً بحتاً»، كذلك الأمر بالنسبة لكلّ الجهاز العلمي الذي يتعلّق هو نفسه وبدرجة كبيرة بالتطوّر التقني: لا حاجة للإصرار على هذه النقطة التي هي البداهة بعينها.

من الضروري تحديد نقطتي التقاء بين العلم والتقنية تقعان على مستويات متعاكسة نوعاً ما، يمكننا بسهولة الاعتبار أنّه بوسعنا إقامة الرابط بين العلم والتقنية من جهة عندما يسمح العلم بحلّ المسائل التي تطرحها التقنية ومن جهة أخرى عندما يكون بمقدور التقنية أن تلبّي متطلّبات العلم.

من الواضح أنّه حتّى درجة معيّنة لا وجود لأيّ رابط تقريباً بين التقنية والعلم، ثمّ كلّما تعقّدت التقنية وكلّما حاولت أن تتعقلن يصبح إسهام العلم أهمّ لا بل يصبح ضرورياً. وهذا ليس فقط في الطرق الصناعية بحصر المعنى (أدوات، آلات أو طرق معتمدة)، ولكن أيضاً

في التعريف الدقيق للمنتوج المقصود. ويمكننا مضاعفة الأمثلة، صحيح أنّ صناعة النسيج قد بقيت طويلاً دون حاجة لأيّ ركيزة علمية، لكن هناك حالات تدعو أكثر للشك: من الخطأ القول، كما حصل سابقاً، إنّ مكنة البخار كانت في بداياتها خارج أيّ إطار علمي، وكان الدليل أنّ كارنو (Carnot) لم يضع نظرية المكنات الحرارية إلاّ عند النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، ولكن في الواقع لم تتمكّن مكنة البخار من الظهور دون عدد من الاكتشافات العلمية التي تدرّجت في النصف الأوّل من القرن السابع عشر وأكملت خلال القرن الثامن عشر. إنّ الضغط الجوّي، واختبار ماغدبورغ (Magdebourg) على أنصاف الكرات، ثمّ ظواهر التكاثف سمحت للميكانيكيين بالعبور إلى إنجاز فكرة كانت تلوح في الأفق منذ قرون ولكن دون التمكّن من تحقيقها. كذلك لم تأخذ صناعة الحديد شكلاً أدقّ إلاّ منذ يوم من العام 1788 حيث حدّد برتوليه (Berthollet)، مونج (Monge) وفاندرموند (Vandermonde) «الحالات المختلفة للحديد».

لقد قمنا من هذا المنطلق برسم منحنيين (الشكل 7) يمثّل أوّلهما (المنحنى A) مجموع المعلومات العلمية المطلوبة خلال مختلف المراحل الزمنية لتقنية معيّنة، ويمثّلا



شكل 7

لمنحنى الثاني (المنحنى B) مستوى المعلومات العلمية من النوع نفسه لدى مجتمع سكّاني ما. إذن حتّى الوقت T_1 التقنية مستعملة بالكامل، في كلّ لحظة. بعد ذلك، كي نصل إلى النقطة C_2 يجب انتظار اللحظة T_2. نرى أنّه بالإمكان استعمال جميع أشكال المنحنيات.

هذا يقودنا مباشرة إلى استنتاج مهمّ، لطالما قُدّم مخترعو الزمن الماضي كأشخاص دون معلومات علمية واسعة، موهوبين فقط بعبقرية خاصّة، وغالباً ما اعتزّ المخترعون أنفسهم ببديهتهم وحدسهم. ألم يكن ليوناردو دي ڤينشي (Léonard de Vinci) يقول دوماً إنّه رجل

«دون ثقافة»؟ ولونوار (Lenoir) الذي أتمّ المحرّك الانفجاري، أو غرام (Gramme)، مخترع الدينامو، كانا دون شك رجلين عصاميين. ولكن في العصر الذي كان يعيش فيه هؤلاء قدّمت لهم الدروس المتبعة والمطالعات ـ والعلم كان حينها سهل التعميم ـ وكذلك الأحاديث، ما كانوا بحاجة إليه. في الواقع إنّ ما ينبغي دراسته هو بالتحديد مستوى الالتقاء بين العلم والتقنية من جهة، ومن جهة أخرى مستوى المعارف العلمية لدى مجتمع سكّاني معيّن. تظهر المنحنيات عدم وجود أيّ حتمية زمنية، ولكنّها تثبت أيضاً أنّه لا يمكن لبعض الاختراعات أن ترى النور إلاّ في فترات محدّدة بوضوح، إلاّ انطلاقاً من فترات محدّدة بوضوح. يمكننا فوق هذا أن نضيّق المسألة ولا نتناول سوى مجموعة محدودة قد يكون مستواها العلمي أعلى من المستوى العام، ويمكننا توازياً مع هذا تحديد الأسس العلمية لدى مجتمع سكّاني معيّن تبعاً للتعليم النموذجي الذي يتلقّاه. وقد يكون من المهم جدّاً أن نرى ما كان بهذا الشأن في انكلترا خلال القرن الثامن عشر بالنسبة لباقي البلدان.

المسألة المقابلة غالباً ما عولجت، في الواقع كان يحدث أحياناً أن يصل التطوّر العلمي إلى نقطة تجعل اختراعاً معيناً ممكن التحقيق ولكنّه مع ذلك لا يصل إلاّ متأخّراً. كم من المؤلّفات، حتّى أيّامنا هذه، تذكر عدم قدرة الإغريق على تطوير تكنولوجيتهم رغم حصولهم على عناصر علمية كافية، ألم يُقال عنهم إنّهم مرّوا بجانب مكنة البخار؟ في كثير من الحالات، ونذكّر بالنسبة لمكنة البخار، لم يتمّ تحديد مجموعة المعارف العلمية الضرورية على وجه الدقّة. من جهة أخرى، البناء التقني معقّد وهناك، أبعد من المعلومات العلمية الضرورية، إطار تقني ملزم جدّاً. هنا نقص في المواد، وهناك في الإوالية المناسبة. لنأخذ مثلاً ملموساً، لقد مرّ مئة عام وعامان بين اكتشاف الظاهرة الفيزيائية المطبّقة في التصوير الفوتوغرافي وبين التصوير الفوتوغرافي نفسه (1727-1829): ولكن ألم يكن إلى جانب الاكتشاف العلمي مسألة الركيزة، والمستحضرات ومسألة العدسيّة أيضاً. لا يجب الاكتفاء بتضافر بسيط عندما ينبغي النظر في مجموعة تضافرات. ومن الطبيعي التفكير أنّ التفاوتات أخذت في التلاشي تدريجياً بحيث أخذ التطوّر العلمي يلتفت إلى مجموعة من الظواهر والتطوّر التقني يضع في خدمة المخترع وسائل رحبة أكثر فأكثر. وهكذا تقلّصت المدّة بدرجة كبيرة: ست وخمسون سنة للهاتف (1820-1876)؛ خمس وثلاثون للراديو (1867-1902)؛ اثنتا عشرة للتلفزة (1922-1934)؛ أربع عشرة للرادار (1926-1940)؛ ست سنوات لقنبلة اليورانيوم (1939-1945)؛ خمس سنوات للترانزستور (1948-1953).

هنا تنطرح مسألة مهمّة سنعود إليها لاحقاً: ظاهرة البطلان، إن على صعيد المنتوجات المصنوعة أو على صعيد الإنشاءات الصناعية. لعملية الاختراع قواعدها الخاصّة ومنطقها

المميّز، وبالتالي تاريخها. والتاريخ كلمة صعبة كما ذكر لوسيان فيڤر (Lucien Febvre). وقد حاول رينيه بواريل (René Boirel) في كتابه «النظرية العامّة للاختراع» أن يضع بعض التنسيق في كلّ هذه المفاهيم وفي اللغة المستعملة بهذا الشأن.

إنّه لأمر له مغزاه أن يتكلّم هذا المؤلّف عن «العقلية المنتشرة التي تتصاعد من تطوّر التقنيات»، ولكنّه في نفس الوقت يرفض الاعتقاد بحتمية أو جبرية التطوّر التقني. إنّ ما ينبغي فعله، حسب ر. بواريل، هو أن «نكتشف، عن طريق إعادة بناء خطوات المخترع، الحوار بين النوايا الذهنية والبنيات التقنية». ليس المقصود أن «نوضّح المسار الذي يتبعه حتماً الفكر التقني للعبور من بنية إلى أخرى»، بل ينبغي أن «نتبيّن خطوات التطوّر القابلة لأن يستعيدها أيّ ذهن يتعرّف جيّداً على الاستعدادات العملياتية لدى البنيات التي يعالجها». إنّ ما يهمّ هذا المؤلّف هو وضع جدول بالانتقالات الممكنة من شكل تقني إلى آخر: الانتقال مثلاً من ألواح الخشب إلى صفائح المعدن.

وهكذا أيضاً ينبغي أن تتمّ دراسة «جيل آلات التلاقي بين مختلف البنيات الميكانيكية الموجودة مسبقاً»، ونعطي مثلاً مكنة البخار التي تعتمد مبدأ المضخّات الرافعة والدافعة. بعبارة أخرى كان يوجد ثلاث وسائل لاستعمال البخار: فعله المباشر أي قوّة طلقة بخارية، أو ضغطه أو فارق الضغط الذي يوجده الفراغ الحاصل بواسطة التكاثف. هذا ما يسمّيه ر. بواريل «المشروع العملياتي»، والاستعمال يتمّ عن طريق بنية معيّنة، تربينة (محرّك ذو دولاب) بخارية أو مكبس يتنقّل داخل اسطوانة. يمكن أن يوجد أخيراً المشاركة الإضافية أو المتمّمة من قبل الضغط الجوّي، إمّا مباشرة كما في مكنة سافري (Savery) وإمّا بشكل غير مباشر بواسطة تأثير على الجهة الثانية من المكبس كما في مكنة نيوكومن (Newcomen). مذ ذلك يصبح بوسعنا وضع الخطوط، أي سلالات تقنية حقيقية، محدّدين بذلك طبيعة الاختراعات المنجزة من جيل إلى آخر. فوق هذا، من الواضح أنّه بالإمكان أن ننقل بنية تقنية معتمدة في آلة من نوع معيّن إلى آلة أخرى: عند اختراعه محرّكه الانفجاري استعمل لونوار (Lenoir) أجزاء مكنة بخار كلاسيكية. لنقل بشكل عام إنّ انتقالات التكنولوجيا تمثّل عبور بنية معيّنة إلى تقنية مختلفة عن تقنيتها الأصلية: لو كان فحم الكوك استعمل في النتاشة (صنع الملت، Malterie) لكان اختراع داربي (Darby) عبارة عن انتقال تكنولوجي عندما استعمل الكوك لتحويل الحديد الخالص في المصاهر أو الأفران العالية.

من الممكن الآن دون شك أن نتكلّم بشكل أفضل عن «العقلية المنشرة». إنّ التطوّر لا يسعه أن يدخل والاختراع لا يسعه أن يولد دون بعض العناصر الموجودة مسبقاً. العقلية

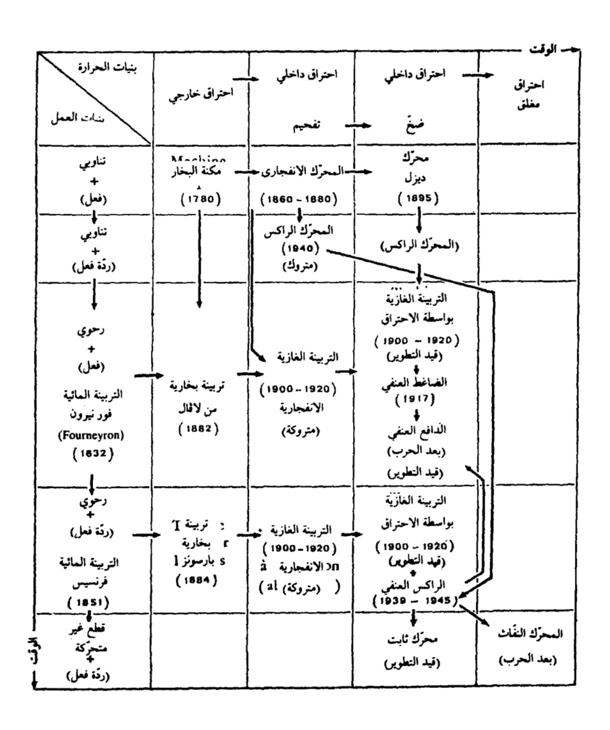
تكمن في خطّ تكنولوجي محدّد، وهي منشره من حيث يكون بالإمكان إجراء اختيارات، وتجهيز تركيبات مختلفة. كلّ المسألة هي أن نعرف ما إذا كانت الطريق بالنسبة للمخترع فسيحة أو ضيّقة، وتوضيح هذا الأمر هو إحدى مهمّات تاريخ التكنولوجيا. الحقّ نوعاً ما أنّ هذه الطريق هي أضيق بكثير ممّا قيل.

بالنسبة لِ ج. - ل. مونوري (Maunoury) الذي يسترجع في الوقت نفسه فرضية بواريل وأعمال أوشر (Usher) حول تاريخ التكنولوجيا (وهي أعمال جزئية في النهاية، لأنّها لا تتناول سوى التقنيات الميكانيكية)، يجب إتمام وجهة النظر.

«ضمن هذا المفهوم، يجري تحليل سياق التطوّر التقني كسلسلة من الاختراعات الاستراتيجية التي تؤلّف بين العديد من عناصر التجديد الوسيط. يوجد إذن إيقاع قوي وواضح للتطوّر التقني، ولكن هذا الانقطاع الدوري لا يمحو كون هذا السياق اجتماعياً وأنّ الحاجة تلعب فيه دوراً محرّكاً أساسياً. قد يكون بوسعنا إذا أردنا استرجاع كلمة و. جيمس (W. James) التكلّم عن جبرية ضعيفة تبقي على الحريّة والمبادرة الفرديتين وحيث يبقى بالتالي هامش كبير من الشك والحظ، ليس حظاً مجازفاً كما في عالم دون شكل ودون نظام، بل حظّ يبرز على مدى جهاز من العلاقات والارتباطات. إذن يكون تتابع الأحداث منظّماً ومنطقياً، ثمّ يصبح بعد ذلك من الممكن أن نتابع بدقّة مرحلة تكوّن التجديدات عن طريق تسلسلها التقني، ولكن من المستحيل أن نتنبأ قبل الأوان بشكل التجديدات ولحظة ظهورها».

لتوضيح برهانه، قدّم مونوري (Maunoury) مخطّطاً يعرض مرحلة تكوّن وتطوّر المحرّكات الحرارية من القرن الثامن عشر حتّى أيّامنا ونقدّمه بدورنا هنا.

إنّ تبسيط المخطّط (الشكل 8)، الذي لا يدرج سوى نوعين من البنيات كمتغيّرات، يعطينا حتماً الانطباع بوجود جبرية ضعيفة لأنّه ترك للاختراع نوعاً من حرّية الاختيار، ومن الواضح أنّه لو أدخلنا متغيّرات أخرى على نفس درجة الواقعية والإلزامية لتقلّص عدد الاختيارات: من ضمن هذه المتغيّرات نذكر طبيعة الوقود، ومصدر الطاقة، لأنّ المحرّك هو في النهاية عبارة عن محوّل، ونوعيّة بعض المواد (إذ لا يمكن وضع تربينة تدور بسرعة عالية إلاّ بواسطة مادّة ذات نوعية فيزيائية محدّدة). من جهة أخرى، بوسع المحرّك الكهربائي أن يُقرن مباشرة على مصدر طاقة كما نلاحظ في التربينات المائية، إمّا غير مباشرة كما في حالة الديزل، الوسيط بين مصدر الطاقة وشكل الطاقة الناتجة.



شكل 8. مرحلة التكوّن والتطور بالنسبة للمحركات الحرارية من القرن الثامن عشر حتّى أيامنا.
(عن مونوري (Maunoury)، «la Genèse des innovations»، باريس، 1968).

مع كلّ هذه النصوص وما سبق أن قلناه يمكن الشروع بتفكير معيّن. من جهة نتكلّم عن العقلية المنتشرة وعن الجبرية الضعيفة من جهة أخرى، وهذه الصفات تفسّر نوعاً ما خشية المؤلّفيْن من تعريض حرّية المخترع للخطر. نذكر العقلية بالطبع لأنّه ينبغي الدخول في خطّ تقني معيّن، رغم أنّنا عرفنا أمثلة قطع في هذا المجال وظهور خطوط جديدة كلّياً: هذا ما كان حال مكنة إزاء الطاقة المائية. مكنة البخار الكلاسيكية ليست أكثر من مضخّة رافعة ودافعة، والباقي أي تطوّر الفكرة نفهمه جيّداً: فعل البخار، المعروف منذ القدم، ولكن كقوّة، فعل الفراغ والضغط الجوّي الذي أبرزه العلماء ولكن الذي لم يكن إدخاله منطقياً بالضرورة. والاختراع الرئيسي كان استعمال الضغط الجوّي في نفس الوقت- مع الفراغ الحاصل نتيجة تكاثف البخار، ليس لرفع الماء بشكل مباشر، كما عند سافري (Savery)، ولكن على الجهة الثانية من المكبس، بعبارة أخرى فصل المضخّة بحصر المعنى عن الآلة التي تنتج الطاقة، باستعمالنا لهذه الأخيرة نفس بنية الأولى. بعدئذٍ من واط (Watt) إلى أحدث الآلات، جاء التواصل منطقياً بالكامل. «إذن لا يمكن إجراء تحليل التدرّج التقني للتجديدات دون النظر في التطوّر البنيوي».

والأصعب من هذا تبرير الجبرية أو عدم الجبرية، أو هذه الجبرية الضعيفة التي ذكرناها لتوّنا والتي تقنّع هذه الالتباسات. لنعد إلى مونوري، المسؤول عن هذه الصيغة:

نفهم جيّداً كيف كان بالإمكان العبور من هذا التركيب البنيوي إلى ذاك ولكن لا نعرف لماذا اختير بالذات هذا التركيب وحُقّق، لأنّ التجديد لا يأتي فقط نتيجة امتداد منطقي للبنيات السابقة. يجب على المخترع أن يعي جيّداً المسألة الواجب حلّها وأن يضع نصب عينيه بعض الغايات؛ ومن هذا اللقاء بين الغايات والإمكانيات التي تتيحها البنيات التقنية يلد التجديد.

قد يكون إذن، في العقلية كما في الجبرية، عناصر ذات طبيعة مختلفة، تقنية بالطبع ولكن أيضاً اجتماعية أو اقتصادية، أو أخرى أيضاً (حالة تقنيات التسلّح). والصعوبة بالنسبة للمؤلّفين في أن يأخذوا بعين الاعتبار كلّ هذه الضغوطات حول الاختراع تكمن أوّلاً في أنّهم ينطلقون من وجهات نظر مختلفة: أليس من المنطقي بالنسبة للفيلسوف أن يؤمن بالعقلية ويُبعِد الجبرية، وبالنسبة للاقتصادي الذي يتكلّم حاجات وغايات أن يؤيّد الجبرية ويدع نوعاً ما العقلية جانباً. وتجدر الملاحظة أيضاً أنّ كلّ الأمثلة أخذت في مجال التقنيات الميكانيكية، وتحديداً الآلات الحرارية التي أضحت رمزاً شبه أسطوري للاختراع. ويبدو أنّه من الضروري كي نحيط أفضل بالمسألة وخاصّة ضمن رؤية تاريخية، أن ندقّق أكثر في التحليل.

على صعيد أوّل من الضروري أن نضع الاختراع في إطاره التقني، يمكننا التكلّم عن

الاختراع البسيط عندما يتعلّق الأمر بتطوّر مستقل وقائم بذاته: نأخذ مثلاً مركبة جون كاي (John Kay) الطائرة. في الواقع إنّها تقع بمحاذاة تقنية قديمة هي تقنية نول النسيج. نفس الشيء بالنسبة لنفخ الهواء الساخن في المصاهر. يبقى أن نستعمل كلمة تطوّر لإدراك الاتقانات المتتابعة التي تحسّن تقنية معيّنة دون تغيير مبادئها الأساسية. أمّا إدخال الآلية، على درجات متفاوتة وفي عدد كبير من الصناعات، فلا يمسّ بمبادىء حتّى التقنيات السالفة.

وقد يكون الاختراع عبارة عن عملية تركيب. هكذا مثلاً بالنسبة للمحرّك الانفجاري الذي يفترض، من أجل فكرة رئيسية هي جعل انتاج مصدر الحرارة داخل الجهاز نفسه، مزيجاً من التجديدات المختلفة: الحارق لتحضير الخليط المحروق، الدينامو أو البطارية، البكرة أو الشمعة لانتاج الطاقة الكهربائية والشرارة وأخيراً كلّ أجزاء مكنة البخار الكلاسيكية. ويمكننا التبسيط بإرادتنا. إذن لسنا بصدد سلالة تقنية واحدة ولكن مجموعة من الخطوط التقنية وهذا أمر طبيعي بالنسبة لعملية تركيب. في الحقيقة، إنّنا نبقي على نفس البنيات: المكبس والاسطوانة، ولكن ما يتغيّر هو من جهة طبيعة الوقود، مصدر الحرارة (فحم، غاز، نفط)، ثمّ اختيار وسيلة نقل الحرارة: بخار، خليط انفجاري هواء ـ بنزين أو هواء ـ غاز يفرض بالتالي طبيعة الاحتراق نفسه.

يجب أن يتيح لنا هذا الأمر العبور إلى مستويات أخرى، الأوّل هو بلا نزاع المعرفة العلمية، وقد سبق أن تناولناها. هناك عقليات علمية تتطابق مع العقليات التقنية: مثلاً في مجال التقنيات الكيميائية، وفي بعض مجالات الفيزياء.

المستوى الثاني يتعدّى البنيات ويتعلّق بالأجهزة. بعبارة أخرى، حيث إنّ الاختراع التقني ليس مجرّد تأمّل ذهني، ولكنّه إنجاز ملموس، يجدر به أن يدخل ضمن جهاز معيّن لأنّ الارتباط بين التقنيات هو أحد العناصر الأكثر إلزامية في التطوّر التقني، وأفضل دليل على ذلك هو مشكلة المواد: لم تكن مكننة صناعة النسيج كلّياً ممكنة بواسطة آلات خشبية، كذلك لا يعقل إجراء الضغط والتسخين العاليين وإنجاز التربينات فائقة السرعة دون المعدن المناسب. ويمكننا مضاعفة الأمثلة.

في هاتين الحالتين الأخيرتين، نحن بصدد نوع من الجبرية المقلوبة، بمعنى أنّ عدداً من الشروط، ذات طبيعة مختلفة، هي ضرورية لتحقيق اختراع معيّن. الجبرية الإيجابية هي من صنف ثان: وعي المسألة الواجب حلّها. مع ذلك لا تقتصر هذه المسألة على متغيّرة واحدة.

هناك حاجات ذات طبيعة تقنية محضة، مع أنّه غالباً ما تختلط بها كذلك انعكاسات اقتصادية، لا سيّما انعكاسات التكاليف. هكذا الأمر داخل شبكة أو سياق تقني، كي نعيد

توازناً خرّبه اختراع حقّق على مستوى معيّن. بهذا الخصوص تعطينا صناعة النسيج الانكليزية على مدى القرن الثامن عشر العديد من الأمثلة، خاصّة بالنسبة للغزل والنسج. ويمكننا ذكر أمثلة أخرى، إنّ اكتشافات بسمر (Bessemer)، مارتن (Martin)، توماس (Thomas) وغيلكريست (Gilchrist) تنتمي إلى نفس المجموعة. الأمر نفسه عندما يغيب بعض من عناصر تقنية معيّنة، ولقد ذكرنا حالة استعمال فحم الكوك في المصاهر: وحده فحم الأرض، الذي كان من جهة أخرى مستعملاً في محارف الحدادة، يمكنه أن يعوّض عن النقص في إنتاج فحم الخشب. كلّ البراءات المأخوذة بين 1570 و 1710، وهي كثيرة، تظهر أنّ وحدها هذه الطريق كان يمكن اعتمادها حينذاك. وقد حدث اكتشاف داربي (Darby) عرضاً مع تقنيات أخرى كانت بحاجة إلى فحم أرض محضّر بطريقة مماثلة (ربّما كان المقصود هنا هو النتاشة وتنقية النحاس). الأمر هو، كما سبق أن قلنا، كناية عن انتقال تكنولوجي.

إنّ المتطلّبات الاقتصادية ليست أقلّ إلحاحاً، وهي تُترجم عبر مشاكل كمّية وتكاليف، لأنّ مشاكل النوعية تقع كما رأينا على مستوى تقني. إنّنا نعرف ولا شكّ القواعد الشائعة الاستعمال: إنتاج كميّات متساوية بكلفة أقلّ، كمّيات أكبر بكلفة متساوية، كمّيات أكبر بكلفة أقلّ. إنّ كلّ هذه المتطلّبات تمرّ بالضرورة، في أغلب الحالات على الأقل، عبر الاختراع التقني. سوف نعود من ناحية أخرى إلى مسألة الارتباط هذه بين التقنية والاقتصاد، ولكن لن يكون بإمكاننا تحليل عملية الاختراع بشكل صحيح إن لم نضعه إزاء بعض المتطلّبات الواقعة إن على صعيد تقني أو على صعيد اقتصادي.

مهما قيل، ما يزال تاريخ الاختراعات علم أساطير ومقدّسات، لا يخلو من نوع من العصبية الوطنية كما رأينا. علم أساطير بمعنى أنّنا ندخل قوى مستقلّة، غير محدّدة جيّداً أكثر الأحيان، وعلم مقدّسات بمعنى أنّ المخترع يبدو كشخص يتمتّع بإمكانيات فوق طبيعية: ولا بدّ من أن تكون الناحيتان مرتبطتين ببعضهما لأنّه للاشتراك بعلم الأساطير هذا ينبغي التمتّع بصفات قدسية. للتخلص من هذا الركاب، قلّما انكبّ المؤلّفون على غير المظهر التقني المحض للاختراع من حيث إنّ التحليل الاقتصادي للتطوّر التقني أو، بشكل أوسع، من حيث إنّ إدخال المتغيّرة التقنية في النظرية الاقتصادية العامّة كانا يجريان ببطء وليس دون تكتّم من قبل البعض.

لا يُخدع القارىء بسهولة، إنّ ما نرمي إليه هو تقليص عدد العبارات المستعملة. إذن العقلية تفرض نفسها وتبدو صعبة الإنكار حيث إنّه يجب على هذه التركيبات باستنادها إلى بنيات موجودة أن تتّبع طرقاً شبه إلزامية، هذا مع بعض فوارق يجدر تحديدها وتحليلها. وتظهر هذه العقلية واضحة عند أكثر من مناسبة حيث تبدو غير مقصودة من قبل المخترع.

لنستبعد كلّ التفسيرات التي أعطاها بسمر (Bessemer) لاختراعه والتي كانت تهدف على وجه التحديد إلى منحه عقليّة كاملة. إلاّ أنّ العقلية الحقيقية لهذا الاختراع ليست أقلّ كمالاً ولكنّها مختلفة. بإمكاننا أن نرى عبر الشهادات المتتابعة نهج هذا المخترع: إنّ ما كان يبحث عنه في الواقع هو صنع الفولاذ بكميّات كبيرة انطلاقاً من طرق معروفة، وبكلفة معقولة، لقد سبق مثلاً لمرور الهواء في بركة من الآهن السائل أن استعمل سابقاً في تقنية قديمة. وقد كان أساس العملية هو اكتشاف المحوّل، الجهاز الموافق، وتلبية كلّ المتطلّبات التقنية التي كان يفرضها تسييره بشكل منتظم (مسألة نفخ الهواء، مسألة المواد شديدة المقاومة، مسألة إضافة المانغنيز، إلخ...). لقد استند بسمر إلى بنيات موجودة سابقاً: وينبغي معرفة كيف توصّل إلى حلّ مشكلة الجهاز، كما تجدر الملاحظة أنّ التنفيذ النهائي كان نتيجة عمل سلسلة من الأشخاص. كان يمكننا بالطبع افتراض عقلية أخرى، ليست عبارة عن نتيجة أبحاث زائغة في مؤلّفات التكنولوجيا القديمة أو في الشهادات السابقة، بل عبارة، وذلك لأنّ العصر بدأ يتطلّب هذا الأمر، عن تفكير علمي، أو من النوع العلمي.

والجبرية ليست أقلّ وضوحاً. الجبرية التقنية، الجبرية العلمية، الجبرية الاقتصادية وحتّى الجبرية الاجتماعية أو السياسية، ولم نتناول بعد هذين النوعين الأخيرين من الجبرية، لكن سبق أن أشرنا إلى الارتباطات الضرورية للأنظمة فيما بينها. لا نريد دليلاً على الجبرية الاجتماعية أكثر من بعض الاختراعات النسيجية الانكليزية خلال القرن الثامن عشر حيث كان يُنسب إلى المخترع، خطأً أو صواباً، الرغبة في تخفيض بؤس العمّال جسدياً أو اقتصادياً. أمّا الجبرية السياسية فهي أمر يظهر للعيان عندما نكون بصدد التقنيات العسكرية: لا حاجة للتركيز بهذا الخصوص، لكنّ كتاب نيف (Nef) «التطوّر التقني والحرب» «Progrès technique et guerre» هو عمل يستحقّ المراجعة. فيما يخصّ اكتشاف بسمر يمكننا أن نلتقي، عبر الشهادات، بعيّنة من الاحتياجات التي كانت تنبغي «تغطيتها» في ذلك العصر. المقصود هو الاحتياجات التقنية التي كان يفرضها تطوّر بعض النشاطات: قذائف ومدافع فولاذية، سكك وأطواق دواليب من أجل الخطوط الحديدية؛ الحاجة إذن إلى فولاذ بكمّيات كبيرة وبتكاليف محدودة.

في الحقيقة، على أيّ صعيد كنّا وإلى أيّ عصر نظرنا، نرى حرّية المخترع محصورة بدقّة، محدّدة بدقّة بواسطة المتطلّبات التي يجب أن يلبّيها الاختراع. هكذا تُفرض ليس فقط خيارات، وحتّى لو وجدت الخيارات فهي قليلة (لنأخذ مثلاً، في المجال النووي، اختيار الشبكات الممكنة، وفي مجال التلفزيون الملوّن بعض الطرق أو الأنظمة المعتمدة)، ولكن أيضاً لحظات يمكن للاختراع أن يرى فيها النور، وهي لحظات يحدّدها مدى التطوّر العلمي،

والتطوّرات المتوازية لكلّ التقنيات، وكلّ الضرورات الاقتصادية، إلخ.

من المفيد أيضاً أن ندرس بشكل محدّد كلّ المحيط المؤسّسي حيث يقع الاختراع، ولادته التدريجية وتطوّره. هذه المؤسّسات تهدف بشكل أساسي إلى حثّ الاختراعات والسماح بانتشارها.

أوّلاً لقد بدا هذا الأمر أساسياً ثمّ، ولدينا هنا دليل آخر على أحد أشكال الجبرية، كان بإمكاننا الإعلام في وقت واحد عن الحاجات وبعض الإمكانيات، بعبارة أخرى جبريات على أنواع مختلفة وعقليات ممكنة. بالنسبة لهذه الأخيرة، منذ معارض الآلات التي ترقى أولاها كما سنرى إلى القرن السابع عشر، إلى قاعات الموديلات أو النماذج وحتّى عروض الاختراعات في القرن الثامن عشر، مررنا من التعليم التقني أي من معرفة التقنيات الموجودة واستعمالها بشكل أفضل وكذلك من الاختراع والاتقان إلى معرفة أرقى وأقرب إلى التفكير العلمي. كان هناك أيضاً معرفة الاحتياجات تقنية كانت أم اقتصادية دون التمييز أحياناً بين هاتين الفئتين من الضروريات. ثمّ إنّ تأسيس الأكاديميات العلمية الكبيرة، التي كانت تقنية بقدر ما كانت علمية، وإيجاد الشركات الصناعية أو الشركات الزراعية، وظهور الجوائز منذ الامبراطورية الأولى إلى الجوائز التي اقتُرِحت من أجل اكتشاف ما أصبح لاحقاً سكّر الشمندر أو من أجل تنفيذ غزل الكتّان آلياً، كلّها كانت أشكال تشجيع اعتُمِدت وتكرّرت كثيراً بعد ذلك.

من جهة ثانية، كان يجب أن يتمكّن المخترع من الاستفادة من اختراعه دون أن يضطر لذلك إلى الاحتفاظ بسرّه، ولدينا هنا كلّ أصل تشريع براءات الاختراع. كانت مدينة البندقية قد أصدرت، عام 1474، نصّاً عامّاً حول الامتيازات الممنوحة لمخترعي «التقنيات الحديثة أو الآلات». إنّ قانون الامتيازات، الذي أصدره جاك الثاني (Jacques II) عام 1623، يفتتح حقّاً في إنكلترا قانون البراءات. ولم تستعمل فرنسا لفترة طويلة الامتياز إلاّ في ما يخصّ إدخال التقنيات الأجنبية: هكذا ظهرت طريقة نشر لا تمتّ بصلة إلى الاختراع، براءة استيراد التقنيات الجديدة. مع ذلك، عند نهاية القرن السابع عشر، بين السنتين 1693 و 1699، نرى ظهور مؤسّسات كبيرة انتهت، عام 1699، إلى قانون الأكاديمية الملكية للعلوم الذي يعهد لهذه المؤسّسة باختبار التقنيات الجديدة و «الإقرار عليها»، مفتتحاً بهذه الطريقة فحص الاختراعات، كون مفهوم الأسبقية لم يصبح معروفاً إلاّ شيئاً فشيئاً. وكان على التشريع الفرنسي أن يتطوّر من بيان 24 كانون الأوّل (ديسمبر) 1762 إلى قانون 7 كانون الثاني (يناير) 1791 الذي كان يحمي التجديد التقني بقدر ما كان يحمي استيراد التقنيات الأجنبية. بعد ذلك أصبح يوجد قانون محدّد للاختراع.

نستنتج أنّ القسط الوحيد من الحرّية هو شخصية المخترع نفسها، ولكنّها لا تهمّ إلاّ بقدر ما تسمح لنا بالإحاطة تماماً بظروف الاختراع، أي كما كان يقول مونوري (Maunoury) «باللقاء بين الغايات والإمكانيات التي تتيحها البنيات التقنية»، وقليلاً ما يهمّ الدافع الشخصي، أنانياً كان أم لم يكن.

من المحيط ينبغي طبعاً الدخول إلى قلب المسألة. إذا حدّدنا الاختراعات البسيطة والاختراعات المركّبة، يجب كذلك أن نحيط تماماً بالظاهرة، كثير من المؤلّفين حاولوا ذلك وقلّة هم من نجحوا. إذا كان بحث من هذا النوع قليلاً ما يهمّ التقني، فعلى المؤرّخ بالعكس أن يعيره أقصى انتباهه. لنضع جانباً المسألة التي تناولناها وهي مسألة الاكتشاف العلمي الضروري؛ حيث نعرف أنّه لا يظهر إلاّ على مستوى معيّن.

لقد كتّب مونوري أنّ تعريفاً ملموساً للاختراع يجب أن يحلّ سلسلة من المشاكل الدقيقة. إذا كان الاختراع حدثاً وراثياً ضمن سلسلة الأحداث التي تؤدّي إلى إطلاق إنتاج جديد في السوق، وليس فقط مجرد نشاط أو نوع من العمل الذهني، يجب أن نفصل بينه وبين ثلاثة أنواع أخرى من الأحداث التي بشكل عام تسبقه، ترافقه، تتبعه ويبدو «غارقاً» في وسطها:

أ ـ الأحداث التقنية التي يشتقّ منها مباشرة عبر التجميع، أو التراكم، إلخ.، أو عبر تحسين المحاولات والمسودّات غير المنتهية؛

ب ـ الإصلاحات البسيطة؛

ج ـ عمليات الوضع موضع التنفيذ ضمن منظور تجاري.

يرى المؤلّف نفسه أنّ من الممكن الاتّفاق على مقياس ثلاثي للتعريف: «الاختراع هو جهاز أو مخطّط تقني يأتي لحلّ مشكلة تقنية بطريقة جديدة أو لحلّ مشكلة تقنية جديدة. ثمّ، الاختراع هو شيء يحتمل أن يكون قابلاً للاستعمال في عملية الانتاج. أخيراً الاختراع هو نتيجة تفكير خلاّق وجهد ذهني فوق الوسط». ونستعيد تعريف س. كوزنيتس (S. Kuznets) الذي كتب أنّ الاختراعات التقنية هي «تركيبات جديدة للمعلومات الموجودة تحت شكل أجهزة تُستعمل في الانتاج الاقتصادي وتنتج عن فعل ذهني أعلى من الوسط».

الحقيقة هي دون شك أعقد من أن تُحجز في قواعد بسيطة وعامّة في الوقت نفسه. يصعب التكلّم عن اختراع السيارة، أو عن اختراع التلفزيون إن لم يكن كتركيب نهائي لعدد من التجديدات ظهر كلّ منها على حدة قبل ذلك، واستعملت في تركيبات أخرى. لا وجود إذن للاختراع إلاّ حيث التركيب هو تركيب جديد، غالباً بفضل إسهام عنصر جديد يكمّل نوعاً ما عناصر موجودة سابقاً. نفس الأمر بالنسبة للعبارة «يحتمل أن يكون قابلاً للاستعمال

في عملية الانتاج الاقتصادي»، حيث يصعب تطبيق التعبير «يحتمل» وكذلك كلمة «استعمال».

بالمقابل، هناك نقاط يجب تحديدها، بشكل خاص مثلاً مسألة التطوّر. ضمن مفهومه العام، «يتضمّن التطوّر عملية الخلق، الاختبار وإتقان النماذج الأولى، خلق الموديلات على عدّة قياسات، المحاولات، وضع التجهيزات المرشِدة، الدراسات من أجل استعمال المعلومات التي يعطيها التجهيز المرشِد بهدف انتاج كمّيات كبيرة، والمشاكل الكثيرة التي تحصل في كلّ هذه المراحل، مترجمة عبر حلول جديدة، ومحاولات جديدة، إلخ...، حتّى نجد الحلّ النهائي ويصبح بإمكاننا إطلاق الإنتاج في السوق». المشكلة هي دون شك على أهمّية، لا سيّما أنّها تطرح مسألة معرفة المستوى الذي يقع فيه الاختراع، في الواقع هذا ما كان يسمّى قبلاً بالتقويم. أن نقول إنّ بسمر (Bessemer) حقّق اختراعه عام 1855 هو أمر واقع، والقول إنّ أوّل محوّل بسمر حقيقي قابلاً فعلاً للاستعمال صناعياً يعود إلى 1862 يدلّنا نوعاً ما على مرحلة التطوّر، التي لا تقلّ أهمّية عن ظهور الفكرة الجديدة. تجدر الملاحظة أنّ مؤرّخي التقنيات قلّما أعاروا انتباهاً إلى هذه الناحية من الاختراع. ولكن من الضروري أن ننظر إلى الإتقانات المتوالية التي تؤدّي بالاختراع إلى حدّه. ضمن هذه الرؤية قد يبدو بدوره اكتشاف توماس (Thomas) وغيلكريست (Gilchrist)، الذي تبعه «تطوير» سمح بتطبيقه العملي، كنوع من التطوّر. وقد ملنا إلى الإبقاء على عبارة التقويم للدلالة على المرحلة التي تؤدّي من «الاختراع» إلى تحقيقه الملموس، وإلى أن نسمّي تطوّراً المرحلة التي تؤدّي، عبر اتقانات متتالية قد تكون مهمّة، إلى حدود النهج المعتمد. وقد أراد البعض، بخصوص الحالة الأخيرة، أن يتكلّم عن «الاختراعات المشتركة».

تختلف عملية التجديد تماماً عن عملية الاختراع، ولكن ترتبط بها بالضرورة. كتب ف. بيرّو (F. Perroux): «المقاول الديناميكي ، يجدّد اقتصادياً من خلال تمريره إلى واقع السوق، الاختراع التقني، أو بشكل عام أكثر التركيب الجديد».

إنّ قواعد التجديد معروفة أصلاً أكثر لأنّها كانت دوماً موضوع تحليلات عميقة من قبل علماء الاقتصاد، مع ذلك يبدو أنّه من المستحسن تحديد بعض النقاط. بالطبع، يكمن التجديد بشكل أساسي في إطار اقتصادي، وهكذا نعبر إلى ارتباط ذي طبيعة تختلف عن الارتباطات التي تناولناها حتّى الآن: مثلاً العلاقة بين التطوّر التقني والحاجات الاقتصادية التي أعطينا عنها بعض الأمثلة. بشكل عام، وكما ردّدنا أكثر من مرّة، تقع هذه العلاقات بين التقنية والاقتصاد على مستوى الكمّيات والتكاليف، وبهذه الطريقة يتوجّب على الحساب الاقتصادي أن يُظهر حسنات تقنية جديدة بالنسبة لتقنية أخرى قديمة. ولكنّ مفهوم التكاليف

هذا، وأكثر من مفهوم الكمّيات، يتسبّب في مشاكل متنوّعة تؤثّر طبعاً على الحلول التي يجدر إعطاؤها.

بالطبع، بإمكان التجديد أن يلبّي، كما عملية الاختراع نفسها ولنفس الأسباب، حاجات تقنية: إعادة توازن مخرّب في سياق تقني معيّن، إعادة أو إيجاد التلاحم في النظام التقني، إلخ. ولكن تحدّه في هذا المجال حدود لا تعرفها عملية الاختراع من حيث إنّ هذه الأخيرة تمثّل عملاً بلا مبرّر. هذا في الواقع لوجود عامل مهمّ يختصر فترة مردودية عتاد تقني معيّن. إنّ البطلان، بنظر أ. هايك (A. Hayek) «يحدث حيث تتناقص الفائدة من عنصر أساسي بشكل أسرع من فساده بالمعنى الفيزيائي». هكذا يختصر ظهور تقنيات أكثر إتقاناً «الحياة الاقتصادية» لعتاد تقنية سابقة.

من الممكن بعض الأحيان أن نتجنّب الصعوبة: هكذا مثلاً في حالات إعطاء الامتياز. منذ أكثر من ثلاثين سنة كانت سكك الحديد في إسبانيا ما تزال تستعمل قاطرات أصلية كان يبلغ عمرها آنذاك مئة عام تقريباً. الأمر نفسه كذلك عندما تدعم الحماية الجمركية في بلد معيّن تقنيات باطلة أسقطها التنافس الدولي. فيما يتعدّى ذلك، نجد مسألة البلدان الحديثة التي تجهّز نفسها بتقنيات حديثة ونراها تسبق بلداناً أخرى مصنّعة سابقاً وعلى الطريقة القديمة؛ قد تكون هذه حالة انكلترا الآفلة في نهاية القرن التاسع عشر والتي قام سيغفريد (Siegfried) بوصفها. كذلك في بلدان اجتاحتها الحرب، نرى الفرق بين تجهيزات المناطق المعاد بناؤها وتجهيزات المناطق التي سلمت.

من هنا كانت تأتي بعض البلادة من قبل المقاول، وهي بلادة تدعمها الحماية الجمركية، ونراها كذلك في حالة الصناعات المكلفة؛ ما الفائدة من تغيير العتاد إذا كان ما يزال يحقّق ربحاً. منذ 1834 لفت إلى هذا الأمر بالنسبة للنسيج في شمال فرنسا الغزّال الروبيزي ميمريل (Mimerel) (من منطقة روبي Roubaix الفرنسية الشمالية الشهيرة بصناعتها النسيجية). ولكن سرعان ما نصل إلى الخوف من التطوّر التقني، بعبارة أخرى إذا جاء اختراع ليقلب صناعة معيّنة قد يوجد عندئذ مقاولون متحفّظون يرفضون التجديد، خشية من أن يأتي اختراع لاحق وقريب ويلغي المجهود الذي قد يبذلونه. ولدينا أمثلة مدهشة من وقت اختراع بسمر (Bessemer)، فعدا التردّد والارتياب الذي أبداه بعض أصحاب حارق الحديد، كان هناك من خشي أن يتسبّب هذا التجديد المهمّ في اختراعات أخرى قادرة على أن تقلب في وقت وجيز نهج الصناعة المعتمد. إنّ قراءة تقارير مجالس الإدارة في الجمعيات العمومية لعدد من الشركات، وقد تمّ تحليل هذا الأمر، يظهر كم كان هذا الخوف منتشراً، وتدلّنا عليه تماماً الدراسة التي جرت عام 1834 حول صناعة النسيج. كان

غريوليه (Griolet)، غزّال في باريس، يصرّح بأنّه «في الصناعة، عندما لا نتقدّم، فإنّنا نتراجع»، ڤيزون (Vayson)، صانع سجّاد في آبڤيل (Abbeville)، كان قد غيّر في خلال أقلّ من عشر سنوات جهازه الصناعي مرّتين، بينما أعاد دابلان (Dablaing)، وهو غزّال في دوي (Douai)، وخلال نفس الردح من الزمن تركيب جهازه ثلاث مرّات. وقد كان ميمريل الذي أتينا على ذكره يقول، بعد أن عبّر عن الخوف من رؤية التطوّر التقني يقلّص من قيمة العتاد الموجود: «نخاف استبدال آلاتنا بآلات أخرى حديثة، فنستمّر بإصلاح أدواتنا القديمة». وحديثاً، عبّرت الشركة الكبيرة آلستوم (Alsthom) عبر بيان صحفي عن هذا «الخوف التقني»: «إذا فُوّضنا أمر إدارة مجموعتين نوويتين في السنة، نأمل بالحصول على مردودية كافية (من الاستثمارات، أي من التجهيزات) معتمدين على أنّ هذه التكنولوجيا لن تتغيّر كثيراً في السنوات القادمة».

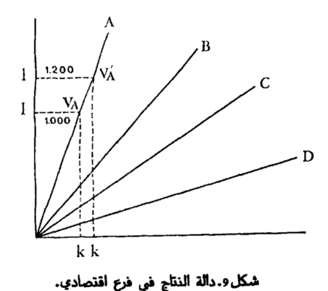
ردّات الفعل هي تقريباً متشابهة عندما نحاول، متجاوزين مستوى تقنية معيّنة، أن نضعها على علاقة مع نظام تقني كامل. هناك مقاولون وعوا ولادة نظام تقني جديد والفائدة من اعتمادهم لصناعتهم الخاصّة هذا النوع أو ذاك من التجديد. لنذكر فرنسوا ـ دي وندل (François de Wendel) الذي كان يحاول منذ 1822-1823 أن يعتمد في مصانعه النهج الانكليزية يقيناً منه أنّ رواج الحديد كان سيصبح مهمّاً بفضل تجديدات في ميادين أخرى: حفر القنوات، مكنات البخار، سكك الحديد، إلخ... إذاً كان يُبرّر تجديد معيّن من حيث حدوث تجديدات أخرى. بالمقابل، كان پيشيني (Péchiney)، في سالاندر (Salindres) يشكّ في إمكانيات صناعة الألومينيوم التي كان ينشئها: «للألومينيوم منافذ محصورة، إذ نستعمله لصناعة أنابيب المناظير، وإن بعتموه بعشر فرنكات أو بمائة، لن تبيعوا كيلوغراماً واحداً إضافياً».

إنّ الاحتياجات الاقتصادية للتجديد لا تقلّ أهمّية عن ذلك، وقد نمت كثيراً مع الوقت. لقد تمّ بالطبع وضع نماذج مجرّدة التي وإن لم تتطابق تماماً مع الواقع الملموس فإنّها حملت بعضاً من عناصر التحليل القيّمة. نترجم تقنية معيّنة بواسطة وظيفة أو دالّة إنتاج نوعها العام: $P = f(a, b,..., n)$

حيث P تعبّر عن الكمّية المنتوجة و n,...b,a عن كمّيات عوامل الانتاج N,...,B,A الضرورية لصناعة هذا الحجم من البضاعة. وكما يشير ج. هو سمالان (G. Hosmalin)، الذي نستعير منه تمثيل النموذج هذا، يتحدّد المستوى التقني لفرع معيّن بواسطة «أفقه التقني»، «دالّة إنتاجه المتوسّطة» وسلسلة من دالاّت إنتاج خاصّة تميّز كلّ منها مشروعاً معيّناً أو «قطاعاً» من الفرع، كما أنّ كلّ دالّة خاصّة تصف نوعاً من العلاقات بين العوامل والانتاج،

وتأخذ بعين الاعتبار تطوّر النسب التي تبعاً لها تتّحد مختلف العوامل تلازماً مع تغييرات حجم الانتاج. لكلّ دالّة أو وظيفة، تمثّل هذه النسب بواسطة معاملات مستقلّة أو قياسات ترافق وتؤثّر بكلّ من العناصر n,...,b,a. وهناك فئتان من المعاملات التقنية، معاملات الدفق لعوامل الانتاج المتغيّرة، ومعاملات الرصيد لعوامل الانتاج الثابتة، وتؤلّف القيم التي نعطيها إيّاها المظهر النوعي لكلّ وظيفة.

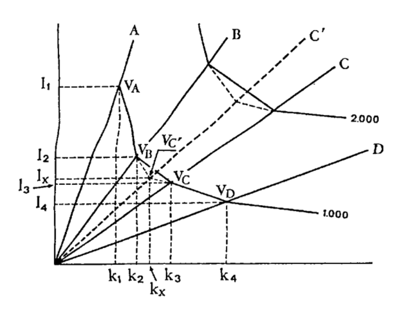
إنّ وظيفة انتاج فرع صناعي معيّن هي «سلسلة من العلاقات التقنية بين عوامله وإنتاجاته»، وهي تجمع مجمل الوظائف الخاصّة المستعملة في لحظة معيّنة، في شركة معيّنة. هكذا يؤدّي بنا الأمر إلى تمثيلات بيانية، في (الشكل 9) نستخدم محوري الإحداثيات لقياس كمّيات عوامل الانتاج الضرورية لصناعة البضاعة M. لتبسيط المسألة اختصرنا عدد العوامل المتّحدة إلى اثنين، l و k. وتمثّل الخطوط المستقيمةC,B,A و D مختلف التقنيات المستعملة من قبل الشركات أو مجموعات الشركات الخاصّة التي تؤلّف الفرع من أجل صنع المنتوج M. إذن كلّ خطّ مستقيم يعبّر عن دالّة انتاج خاصّة، أي عن «قانون» اتّحاد عوامل تبعاً لتغيّر الحجم الواجب انتاجه، وكلّ نقطة نأخذها على أحد هذه الخطوط تطابق حجماً من إنتاج M. V_A يمثّل *1000* وحدة و*1200 V,A*، نسبنا للقيمة الأولى l و k وللقيمة الثانية l′ و k′. ونرى أنّ l/k = l′/k′، لكلّ تقنية، ومهما كان حجم الانتاج، فإنّ العوامل تتحدّ دوماً لنفس النسبة.



شكل 9. دالة النتاج في فرع اقتصادي.

(عن ج. هو سمالان، «الاستثمارات، المردودية والتطوّر التقني»، باريس، 1956.

الشكل 10 يضمّ ظهور طريقة إنتاج جديدة في الفرع، يجب إذن أن يسمح بتحديد شروط يمكن معها اعتبار التقنية الجديدة تطوّراً تقنياً. لقد جمعنا بواسطة أجزاء خطوط مستقيمة بين النقاط VC, VB,VA و VD التي تطابق بالنسبة لكلّ من التقنيات المستعملة حجماً من 1000 وحدة، هكذا يُبنى ما يُسمّى «منحنى الانتاج المتساوي» أو «منحنى متعادلات الكمّية». الخطّ المستقيم C′ (المنقّط) يمثّل تقنية جديدة تجمع l و k تبعاً لنسب لم تُستعمل بعد، إذن تترجم دالّة إنتاج خاصّة جديدة، نفترض أنّها تقع بين الخطّين B و C. النقطة VC′ على الخط C′ تمثّل اتحاد العوامل الضرورية لإنتاج الـ 1000 وحدة. يجب إذن تكملة منحنى متعادلات الكمّية.



الشكل 10. التطور التقني ودالّة الانتاج في فرع اقتصادي معين.

(عن ج. هو سامالان)

نحصل على حجم الإنتاج موضع الدراسة (1000 وحدة في حالتنا هذه)، ولكلّ تقنية، عن طريق استخدام كمّية من العوامل تُترجم بواسطة المؤشّرات التالية:

الطريقة	A	L_1+K_1
الطريقة	B	L_2+K_2
الطريقة	C	L_3+K_3
الطريقة	D	L_4+K_4
الطريقة	C′	L_x+K_x

بالتالي، تتطلّب الطريقة C' بالنسبة للعامل l كمّية lx أصغر من l_1 و l_2، وأكبر من l_3 و l_4.

كي يمكننا وصف الطريقة المدخلة حديثاً ودون أيّ إشكال بأنّها تطوّر تقني، يتعيّن عليها أن تعطي نفس حجم الانتاج ولكن بواسطة كلفة في كلّ من العاملين l و k أقلّ من التقنيات الأخرى المعروفة: وهذا ليس حال مثلنا هنا. يجب إذن تحديد ما إذا كان تخفيض النفقة في أحد العوامل بواسطة الطريقة C' أكبر من الزيادة التي أحدثتها في الكلفة المتعلقة بالعامل الآخر. لا تقدّم الطريقة C' تطوّراً حقيقياً إلاّ إذا كان:

l_1 ناقص	lx	أكبر من	K_x	ناقص	K_1	بالنسبة لِ	A
l_2 ناقص	l_x	أكبر من	K_x	ناقص	K_2	بالنسبة لِ	B
l_x ناقص	l_3	أصغر من	K_3	ناقص	K_x	بالنسبة لِ	C
l_x ناقص	l_4	أصغر من	K_4	ناقص	K_x	بالنسبة لِ	D

إذا لم تلبَّ هذه الشروط الأربعة نجد أنفسنا ليس بصدد تطوّر تقني (Technological progress) بل بصدد تجديد أو تغيير تقني (Technological change)، وقد يحدث أن يُعتمد اكتشاف من هذا الصنف فعلاً، لكن هذا يحدث لأسباب بعيدة عن هدف تنمية محتملة للإنتاجية الحقيقية، لأنّ هذا الاكتشاف لا يتضمّن عندئذٍ هذه الميزة. أحياناً ينتج استخدام طريقة جديدة عن اهتمامات أخرى: رغبة في اقتصاد موارد بلد معيّن بالنسبة لأحد عوامل الإنتاج، أفضلية نحو المواد الأوّلية المحلّية، أو اعتبارات تجارية مرتبطة بتطوّر أسعار العوامل تبعاً للنقص الحاصل في الأسواق.

لكلّ نموذج أو موديل حدوده، ونلمس هذا الأمر فوراً في حالتنا هذه، أوّلاً عدد عوامل الانتاج الحقيقي هو أكبر بكثير من اثنين، من جهة ثانية قد تختلف طبيعة عوامل الانتاج من تقنية إلى أخرى: كان محوّل بسمر مثلاً يستدعي توفّر آهن على درجة عالية من النقاء. ليس هناك هويّة واضحة لعوامل الإنتاج بالنسبة لكلّ الطرق القابلة للاستعمال وتؤدّي إمكانيات الاستبدال إلى تعديلات في النسب التي تتّحد تبعاً لها هذه العوامل، من جهة أخرى تتطلّب المقارنات وحدات قياس محدّدة تماماً. في النموذج السابق، اعتبرنا التطوّر كناية عن تزايد في إنتاجية العمل أو في الإنتاجية العامّة، أو في إطار دالّة الإنتاج وصفناه بقياسنا كمّيات العوامل داخل نفس نظام الإحداثيات، مفترضين بهذه الطريقة مسألة وحدة الحساب محلولة، إلاّ أنّ هناك الكثير من الدحض الشديد يطال حتّى القياسات بالسعر. ولطالما جرى البحث هنا وهناك، ولكن عبثاً أي مع تقريبات لم تعطِ نتيجة مرضية، عن حلّ لهذه المسألة الصعبة، إن بالنسبة للإنتاجية بالفرد أو بالساعة، أو بالنسبة لمؤشّر «الفرد ـ الساعة» المنبثق عن المؤسّسة N.B.E.R.

على المؤرّخ أن يعبر من النظرية إلى الواقع، لا أن يتلافى الصعوبات، بل أن يجد، إلى جانب هذه التحليلات الشكلية، كلّ العناصر التي يمكنها أن تتدخّل، ربّما فقط لوضع نوع من فهرس بعوامل التجديد اقتصادية كانت أم تقنية، وهذا أمر مسلّم به، ولكن أيضاً خارجية المنشأ وهذا ما قد يكون على أهمّية. ضمن هذه الرؤية يمكن لتاريخ التطوّر التقني أن يقدّم شيئاً إن للنظرية العامّة أم لتطبيق وسائل تحليل أدقّ. هل هناك حاجة للتحديد أنّ البحث في هذا المجال لم يزل في أولى بداياته وأنّ القارىء لن يجد هنا ما يشبع فضوله تماماً؟

لقد أظهر رامبور (Rambourg)، أحد أصحاب محارف الحديد الفرنسيين، وعياً لكلّ المتغيّرات عندما كان يؤخذ على الصناعيين الفرنسيين، بُعيد العصر الامبراطوري، أنّهم لم يعتمدوا الطرق الانكليزية، خاصّة في الصناعة الحديدية:

إنّ الأشخاص الذين يقترحون بهذه السهولة استبدال الفحم النباتي بالفحم المعدني يدون غير متيقّنين إلى كون هذا الأمر يؤدّي إلى تغيير كلّ شيء تقريباً في الأفران، في مماحص المعادن والميكانيكيات والمحارف، وإلى أنّه يجب التواجد قرب المناجم التي تعطي نوع الفحم الحجري المناسب، ووضع المعدن غير الخالص في متناول الوقود وتأهيل عمّال لهذا النوع الجديد من العمل.

التعداد لم يكن بالطبع محدّداً أو محصوراً، ولكن لدينا هنا عند تاريخ معيّن (1815)، وفي قطاع محدّد، المتغيّرات التي كانت تُعتبر الأهمّ: المواد الأوّلية المعدّة جيّداً، العناصر الأخرى من المجموعة التقنية، اليد العاملة المطّلعة. وبعد ذلك مباشرة كان يقوم، توازياً، بعرض الوضع في انكلترا:

من الوهم الاعتقاد، كما في معظم محارفنا، أنّنا ننافس الانكليز من حيث سعر الحديد. إنّ طبيعتهم تتمتّع بالوقود وبالمعدن غير الخالص اللذين يجدونهما مجتمعينْ في نفس الحفرة، يحوّلون المعدن إلى كوك، وبواسطة مكنات البخار والدوران، يعطون اسطواناتهم قدرة كبيرة وكافية لمدّ هذا المنتوج الأوّل إلى قضبان. بعد ذلك هناك العديد من القنوات التي تستقبل هذا الحديد وتسهّل إرساله إلى البحر. كلّ هذه الميزات التي لا نملكها هي بالنسبة لهم أسباب توفير مهمّة.

في نفس الفترة، تطرّأ صاحب محارف الحديد هذا في منطقة البوربونّي (Bourbonnais) إلى النقص في الأرصدة.

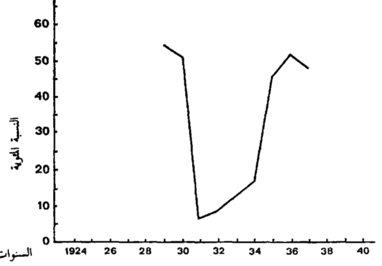
من العبث حتماً أن نطبّق النماذج الصلبة. إنّ المتغيّرات التي تمثّل عوامل الانتاج ليست بالضرورة متشابهة، وهذا ليس فقط بين قطاع وآخر (طبعاً)، ولكن أيضاً في نفس التقنية بين سياق وآخر؛ وهي في هذه الحالة الأخيرة ليست قابلة للتحوّل إلى قاسم مشترك (السعر مثلاً) ولا قابلة بالكامل لأن نحلّ إحداها مكان الأخرى. في الحالة التي ذكرناها

لتوّنا، آهن الخشب وآهن الكوك، ليس هناك فقط مشكلة السعر (التي يمكن أن نلحق بها مسألة النقل)، بل أيضاً النوعية الخاصّة بكلّ من المحروقين: الكوك يقاوم السحق بشكل أفضل، فهو إذن يعطي حرارات أعلى.

لنشير كذلك إلى أنّه يجب أخذ مفهوم الوقت بعين الاعتبار، إنّ النموذجين اللذين قدّمناهما بيانياً يفترضان المسألة مطروحة عند تاريخ أو عصر محدّدين تماماً. إذا أدخلنا عنصر الوقت، فإنّ دالأت الانتاج الخاصّة بكلّ من التقنيات قد لا تكون نفسها أبداً. حسب الشروحات التي قامت بها بشكل خاص مؤسّسة .N.B.E.R، يمكننا أن نلاحظ أنّ إيقاع التطوّر التقني يُحدِث: أ) تقدّماً سريعاً وسط فترة الانتشار؛ ب) تباطؤاً عند نهاية هذه المرحلة؛ ج) تسارعاً عند بداية الانكماش الدوري؛ د) تباطؤاً جديداً وسط فترة الانحطاط. كذلك، في تحليل معمّق أكثر، نستنتج أنّ القياسات المستعملة تأخذ الواقع بصعوبة بعين الاعتبار.

إذن ما يجب وضعه هو تصنيفية كاملة لعملية التجديد. تصنيفية في آن واحد بالنسبة للعناصر التقنية المحضة، ومتطابقة مع تصنيفية لعملية الاختراع، وتصنيفية حسب عوامل إنتاج ليست ذات طبيعة تقنية، وأخيراً مع تصنيفية حسب تسلسل أحداث ينبغي تحديده.

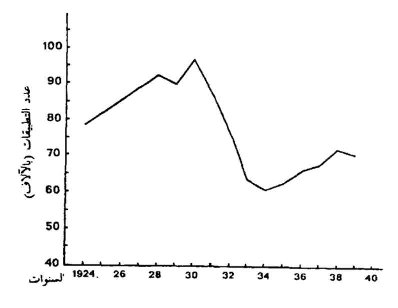
إنّ انفصالاً يحدث على مستوى القرار، طالما ليس هناك سوى مقاولون منفردين لا تُطرح المسألة إلاّ من حيث يخضع المقاول لأطره التقنية. في الحقيقة، إنّ ظهور هذه الأطر التقنية في المشروع هو ما يخلق المشكلة، ويزداد تعقيد هذه المشكلة كلّما تعقّدت إدارة المشروع، أي عندما يتدخّل ليس فقط تقنيون بل أيضاً مموّلون. غالباً ما يشير التاريخ إلى تخوّفات المموّلين أمام التحديات التي تُقترح عليهم. هذا ما حصل مع فورنيرون (Fourneyron) الذي أنجز توربينته المائية رغم شكوك رجال المصارف الذين كانوا يديرون المشروع. كذلك لا يجب الخلط في هذا الأمر، إذا كان پشيني (Péchiney)، الذي جاء يعرض مشاريعه على رجال المصارف، قد واجه الرفض، فهنا فصل بين المشروع والمموّل، كون هذا الأخير لا يعتمد فقط على مردودية عملية تجديد واحدة، بل على الاختيار الذي يتعيّن عليه القيام به بين مردوديات مختلفة لرأس المال الذي يديره، ولا حاجة قطّ لمضاعفة الأمثلة. لقد تمّ وضع منحنى (الشكل 11) حول مشاهدات أجراها س. دايفيس (S.C.Davis) على شركة فولاذ الولايات المتحدّة (U.S. Steel)، المقصود هو تطوّر العلاقة بين الاستثمارات التي أوصى بها المهندسون، والاستثمارات التي أوصت باعتمادها «اللجنة المالية» للمشروع، المكلّفة بقياس المردودية المحتملة للمشاريع. لهذا المنحنى تقريباً نفس مسلك منحنى تطبيقات البراءات المسلّمة إلى وزارة التجارة في الولايات المتّحدة من 1924 إلى 1939 (الشكل 12).



شكل 11 ــ النسبة المئوية للاستثمارات التي أوصت بها اللجنة المالية لشركة Trust United States Steel بالنسبة إلى مقترحات الشعبات التقنية من 1929 إلى 1937.

(عن ج. هو سمالان.)

إنّ وجود ابتكارات على الصعيد الفردي لا يحتاج إلى الكثير من التفسيرات أو العديد من الأمثلة. هناك بالطبع تجديدات على الصعيد الجماعي، وكذلك على الصعيد الوطني. هناك أيضاً مسألة ما يمكن تسميته بقنوات التجديد التي يمكنها أن تلعب دوراً في مختلف هذه المستويات، الفردي، الجماعي أو الوطني. سنعود بعد حين إلى مشاكل هذه القنوات



شكل 12. العدد السنوي لتطبيقات البراءات المسلمة إلى وزارة التجارة في الولايات المتحدة من 1924 إلى 1939.

(عن ج. هو سمالان.)

التقنية المحضة، ولكن الأهمّ هو المشاكل المالية، فهي تطال بنية رؤوس الأموال كما تطال أواليات التمويل. يجب هنا أيضاً إدخال مفهومي البنيات والتقارب، إذ يتعيّن بالضرورة توفّر انسجام في البنيات بين ابتكار تقني يقع على مستوى معيّن من الاستثمار وبنيات رؤوس الأموال المتوفّرة، أي رؤوس الأموال المتحرّكة المستعدّة لأن تُستثمَر في نوع معيّن من الأعمال. من هنا ضرورة العبور إلى أشكال أخرى من الشركات، إنّ التجديد هو ما أدّى في فرنسا إلى خلق مؤسّسات، في منتصف القرن الثامن عشر، لا تمت أبداً بصلة إلى الأشكال القانونية المطروحة من قبل المرسوم التجاري عام 1673، الذي كان ما يزال ساري المفعول. كنّا عندها نتقدّم نحو الشركة المغفلة الحديثة التي أصبحت رسمية بفضل قانون التجارة عام 1807. وقد كان الظرف آنذاك يؤمّن تحرّك الاستثمارات مع إبقائه على ثبات رأس المال، ولكن كان يجب إيجاد رؤوس الأموال هذه، لقد ظلّت المؤسّسات المصرفية الفرنسية طويلاً عاجزة عن تلبية طلب أصبح ضخماً في بداية القرن التاسع عشر. ثمّ جاء الصيرفي الباريسي لافّيت (Laffitte) الذي أشار عام 1825 إلى التقارب الذي يجب أن يتمّ بين رؤوس الأموال المتوفّرة ورجال الصناعة الناشطين الذين كانوا يحتاجونها. «إنّ هذه النزعة للعمل (برؤوس الأموال المتوفّرة) التقت بشكل طبيعي مع نزعة ثانية ما تزال تسير معها، نزعة التجديد والاتقان التي لا تقلّ أهمّية عن الأولى بالنسبة للتطوّر الصناعي». كما كتب أيضاً حول الميول التي حدّدها روستو (Rostow) إلى إطلاق النموّ الاقتصادي. من هنا كان يجب العبور إلى «شركة توصية صناعية» تهدف إلى «المشاركة والإسهام في نجاح أيّ مشروع، أيّ اختراع وأي إتقان يتعلّق بالزراعة، بالصناعة وبالتجارة»، وكان سيتعيّن على هيئة علمية للتطبيقات العلمية المباشرة المهتمّة بالرياضيات، بالفيزياء، بالكيمياء وبعلم الآلات أن تعمل وسط هذه الشركة التي لم ترَ النور قطّ، وذلك لأسباب سياسية.

لقد جاء التجديد الجماعي متأخّراً نسبياً، ولم يظهر في الحقيقة إلاّ تحت ضغط الدولة. سبق أن ذكرنا جهود كولبير (Colbert) لتطبيع بعض التقنيات الأجنبية في فرنسا. إنّ تدخّل الدولة يحدث على صعيد البحث عن التقنيات الواجب استيرادها وعن العمّال أو المقاولين الجديرين، وعلى صعيد المساعدات والإعفاءات الضريبية، وكذلك على صعيد الضغط على رؤوس الأموال من أجل إمكانية إنجاز الاستثمارات. لقد خفّ دون شك اعتماد هذه السياسة في القرن الثامن عشر، لكن يجب أن نذكر أنّ خلال هذا القرن تمّ إنشاء صندوق النصف بالمائة، المموّن أيضاً برسم إضافي على البضاعة الآتية من أمريكا، والمعدّ على وجه التحديد لدعم المؤسّسات التي تعتمد تقنيات جديدة. عندئذٍ نرى اهتمام الدولة ينصبّ على التعرّف، ثمّ على الإعلام والبثّ أكثر منه على التدخّل مباشرة. البعثات إلى

الخارج، تفقّد المصانع، جمع النماذج (أعيد شراء غرفة ڤوكانسون (Vaucanson) عام 1783)، تطوير التعليم التقني (وقد تمّ فتح المدارس العالية للمقاولين كما لموظّفي الدولة العتيدين)، كانت هذه الوسائل المتّبعة. وقد أشار تورغو (Turgot) إلى هذا الأمر عام 1772: بعد الامتيازات الضريبية والجمركية، «إن بقي على الحكومة شيء تقوم به لتحسين تجارة معيّنة، فلا يتمّ ذلك إلاّ عن طريق التعليم، أي عن طريق تشجيع أبحاث العلماء والفنّانين الذين يسعون لإتقان الفنّ، وخاصّة عن طريق نشر معرفة الطرق المعتمدة التي يسعى طمع البعض لإبقائها أسراراً». لا يسعنا التعبير بشكل أوضح من هذا عمّا ستصبح عليه حتّى نهاية القرن التاسع عشر سياسة العديد من الحكومات.

إذن يقع التجديد بالضرورة على نقطة التقاءات، وأوّل هذه الالتقاءات هو دون ريب ذو طبيعة تقنية محضة. في الواقع، من الضروري على صعيد الانتاج نفسه أن ندرج التجديد ضمن نظام تقني متوازن. لا جدوى من التجديد في مرحلة معيّنة من سياق تقني، إذا لم يكن بالإمكان تحقيق تناسق في المستوى، إلاّ إذا وجدت من كلّ جهة تقنيات أقلّ تطوّراً قد تساهم في الحفاظ على توازن مرضٍ على الأقلّ لفترة زمنية معيّنة. هذا ما كان عليه في القارّة الأوروبية حال التقنيات الحديدية، بعد الثورة التقنية الانكليزية: استُعملت التقنيات المتقدّمة من أجل تغيير الآهن (التسويط) وشغل الحديد (التصفيح)؛ بينما بقي انتاج الآهن، وعلى درجة واسعة، تقنية تقليدية. ولكن، عند حدّ معيّن يؤدّي تواجد التقنيات الثابتة مع التقنيات المتقدّمة، لأسباب قد تكون متنوّعة، إلى وقف التجديد، وتبدو هذه الظاهرة واضحة في بعض تقنيات الاستغلال، أهمّها الزراعة.

بالإضافة إلى هذا، يجب أن تتمّ الالتقاءات أو التقاربات على مستوى الأنظمة الرئيسية، لقد تناولنا سابقاً مسألة التوازن بين النظام التقني والنظام الاقتصادي، ولكن ينبغي أن نتناول أيضاً الوفاق بين الجهاز التقني والجهاز الاجتماعي، والجهاز السياسي والجهاز المؤسّسي. هناك إذن ضغوطات من جميع الأنواع ترمي بثقلها على عملية التجديد، ويجب أن يدخلها المقاول في حسابه قبل أن يقبل هذا النهج أو ذاك. وبالعكس قد يؤدّي تطوّر الأنظمة الأخرى إلى وجوب التجديد تقنياً. وسوف نرى كم يزخر التاريخ بالحواجز، بالروادع، بالتشجيعات وحتّى بالفروض، تحيط جميعها بعمليّة اعتماد تقنية جديدة أو جهاز تقني جديد. من الموانع لأجل الحصول على نوعية أفضل، كما كان الحال بالنسبة لدولاب المغزل ولبعض طرق الدباغة أو الصبغ في القرون الوسطى، إلى إضرابات المطبعيين الأولى عند تغيير المطابع، إلى أوّل تلف للمكنات، كما جرى لمكنة حياكة الجوارب لي (Lee)، في القرن السادس عشر، نلتقي بحواجز أمام التجديد ذات طبيعة متنوّعة. كلّما كان

المجتمع متين البنية كلّما كان إدخال التجديد أصعب، وقد أشير مؤخراً إلى أنّ لمجتمعات القبلية حيث يغيب أيّ سند مديني أو حضري، كالمجتمعات التي نصادفها في إفريقيا، إمكانيات أضعف لمقاومة التأثير الصناعي الغربي من إمكانيات المجتمعات الآسيوية التقليدية المبنية على شبكة مدينية. عند حدّ معيّن، يجدر غالباً تدخّل الدولة لفرض القبول بتجديدات ضرورية.

هكذا يتمكّن المؤرّخ من تعليل بعض التأخيرات في التجديد، بعض السدود أمام التطوّر التقني قد تبدو مُستغربة، إن كان بالنسبة لبلاد اليونان القديمة أم للصين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر. هنا أيضاً ما يلزمنا هو فهرس بتجديدات محدّدة تماماً يجب أن تتمّ دراستها على جميع الأصعدة. قد لا يسعنا هنا أكثر من التمنّي.

أصبحت مسألة النموّ الاقتصادي اليوم موضوع دراسة مهمّ من ناحية النظرية الاقتصادية، وقد بدأ المؤرّخون يقومون بتحليلها تحليلاً سيحمل الكثير إلى معارفنا. ولكنّ النظرية الاقتصادية والتحليل التاريخي قلّما يدرجان أو يدرجان بصعوبة التطوّر التقني في عرضيهما. كما أنّنا نصطدم بصعوبات في القياس، إذ يعتبر البعض أنّ «التطوّر التقني هو التغيّر النسبي للانتاجية الكلّية، في مجال معيّن، بين فترتين معيّنتين». نحدّد الانتاجية العامّة بواسطة خارج القسمة:

$$R = \frac{\text{الانتاج}}{\text{عوامل الانتاج}} = \frac{Q}{F}$$

إذا أشرنا بواسطة R_1 إلى الانتاجية في الفترة T_1 وبواسطة R_2 إلى الانتاجية في الفترة T_2 يقاس التطوّر التقني بالعبارة:

$$\frac{R_1 - R_2}{R_1}$$

ولكن في واقع الانتاج، يتجلّى التطور التقني حسب كيفيات متنوّعة أكثر مما توحي به مفاهيم تزايد الانتاجية الحقيقية أو علاقة وظيفية بين العوامل والمنتوجات:

I ـ من الناحية الاقتصادية الافرادية

أ ـ تزايد أبعاد المؤسّسة بغية إنتاج نفس المنتوج بواسطة نفس عوامل الانتاج. عندئذٍ تكون إنتاجية بعض العوامل تصاعدية ثمّ تنازلية.

ب ـ الاستبدالات بين العوامل داخل كلّ من الفئتين الكبيرتين، رأس المال والعمل، بغية إنتاج نفس المنتوج.

ج ـ إدخال عوامل جديدة بغية إنتاج نفس السلع (آلات جديدة، تغييرات في بنية مجموعة العمّال، وصول بعض الأخصّائيين، إلخ...).

د ـ تغييرات في بنية مجموعة أو حتّى في طبيعة المنتوجات التي تصنعها المؤسّسة (مثلاً استبدال الحديد بالفولاذ عند نهاية القرن التاسع عشر).

II ـ من الناحية الاقتصادية الجمعية (الكلية).

أ ـ تغيّر حجم الاستثمار الضروري ليس فقط داخل فرع معيّن، ولكن في العلاقات بين فروع اقتصاد معيّن، وهنا تدخل حسابات المردودية.

ب ـ بشكل عام، «التطوّر التقني هو أساساً متغيّرة داخلية المنشأ موجّهة ضمن اتّجاهات محدّدة بواسطة قوى اقتصادية».

في الواقع، حتّى التحليلات الجديدة تظهر بعض الالتباس، ويعود هذا على وجه التحديد إلى طريقة وضع المتغيّرة التقنية: إنّ الطرق الناتجة عن مفهوم الانتاجية هي غير كافية لأخذ الواقع العام بعين الاعتبار. هنا يأتي دور التحليل التاريخي ليؤدّي خدماته. يبقى أن يتمّ وضع هذا التاريخ.

أوّل نقطة يجب تحديدها هي نقطة النموّ، على صعيد أو أكثر، وقد تمّت الإشارة بشكل أساسي إلى النموّ في القرن التاسع عشر، بدءاً بانكلترا نحو 1780-1800 ثمّ تدرّجاً على مدى القرن التاسع عشر بالنسبة لباقي البلدان. لقد ركّزت الدراسات العديدة التي جرت حول هذا الموضوع على دور التطوّر التقني في مرحلة الإقلاع، وضمن هذه الرؤية أخذ مفهوم «الثورة الصناعية» صورته النهائية. لنقل، مستعيدين عباراتنا، أنّ تشكيل نظام تقني جديد كان أحد أسباب الانطلاق النموّ ولـم يكن بوسع هذا الانطلاق أن يتمّ إلاّ من حيث كان هذا النظام التقني قابلاً للاستمرار، أي عندما تمّ وضع نوع من التلاحم بين مختلف التقنيات: ونعرف أنّ هذا التوازن لـم يتحقّق إلاّ في الفترة 1780-1800.

ما ينبغي الإشارة إليه هو دور التقنية في متابعة النموّ، مهما كان شكل منحنى هذا الأخير. بالطبع، يساهم التقدّم المتوازن لمختلف التقنيات، كأحد أشكال التطوّر التقني، في الحفاظ على النموّ، ولكن تأتي لحظة، كما ذكرنا، يبلغ فيها الجهاز التقني حدوده. يكفي مثلاً أن تصل تقنية واحدة إلى حدودها كي تسبّب اختلال توازن داخل الجهاز بكامله. عندها نقع على واحد من حلّين: إمّا توقّف في النموّ، وهو قد يحصل من جهة ثانية لأسباب أخرى، وهذا ما يوقف التطوّر التقني؛ إمّا استبدال الجهاز التقني القديم بآخر جديد، ممّا يسمح بمتابعة النمو.

سوف نرى أنّ بعض المؤلّفين ينسبون الأزمات الكبيرة في بداية القرن الرابع عشر إلى التوتّرات التي أحدثتها على وجه التحديد حدود بلغها النظام التقني في القرون الوسطى. وقد يكون وراء نهاية النموّ الثاني أواخر القرن السادس عشر أسباب مختلفة ولكن بالإمكان أيضاً تفسيرها بركود حصل في التطوّر التقني. وما يبدو أكيداً، بالنسبة للنمو في القرون الوسطى وفي عصر النهضة كما بالنسبة للازدهار الانكليزي عند نهاية القرن الثامن عشر هو، في كلّ مرّة، وضع نظام تقني جديد أثّر وإلى حدّ ما تسبّب في ولادة هذه الازدهارات.

سبق أن ذكرنا أنّ النموّ في القرن التاسع عشر، خاصّة في انكلترا وفرنسا، كان كذلك عرضة للتوقّف لو لم يظهر في النصف الثاني من ذلك القرن نظام تقني جديد كلّياً بالنسبة لنظام بدايته. من الممكن الإجابة عن بعض أسئلة يطرحها كتابان للمؤلّفين ف. كروزيه (F. Crouzet) وم. ليڤي - لوبوايّيه (M. Levy-Leboyer)، فقد أشار هذان المؤرّخان، بعد أبحاث واستنتاجات أخرى خاصّة أعمال مؤسّسة .I.S.E.A، إلى بطء النموّ الفرنسي بين 1815 و 1914 وغياب عملية دفع حقيقية. يعود هذا الأمر على وجه التحديد إلى أنّه، لأسباب مختلفة تتراوح من تجهيز الموارد الطبيعية إلى الاهتمامات الاجتماعية والسياسية، أدخل التطوّر التقني، نفسه الذي وُلد في نهاية القرن الثامن عشر، إلى فرنسا ببطء شديد في ظلّ حماية جمركية قويّة جدّاً. لقد أشرنا إلى إنتاج تقليدي للآهن حتّى بعد 1864. كذلك لتجنّب صراعات اجتماعية وللإبقاء على رواتب منخفضة قدر الإمكان، لم تُدخَل الآلات إلى قسم كبير من صناعة النسيج فبقيت طويلاً في الريف على أنوال بدائية بعض الشيء، وذلك حسب تصريحات صناعي من الألزاس (LAlsace) في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر. من جهة أخرى لم يكن بالإمكان اعتماد سياسة كهذه إلاّ مع التخلّي عن فكرة غزو الأسواق الخارجية. وقد كان الأمر مختلفاً تماماً في انكلترا حيث كان يجب بسرعة تلبية بعض احتياجات الانتاج (نقص في الخشب)، حيث كانت ستوجد يد عاملة كثيرة ورخيصة نسبياً، وحيث كان التطوّر السياسي سيضع في تصرّف الصناعة الانكليزية منافذ واسعة، عندها أصبح بوسع النمو أن يقلع بصورة أسرع بكثير.

بالإضافة لذلك، لا ينبغي أن نعتمد كليّاً على منحنيات يتحفّظ تجاهها أصحابها أنفسهم، فهي إن كانت تترجم فعلاً حركة مجموعة، لا يمكنها مع ذلك إعطاء كلّ التفسيرات. هكذا مثلاً يجمع ف. كروزيه في أحد منحنياته الحديد والفولاذ معاً «لأنّنا، كما كتب، بصدد مادّتين يمكن استبدال إحداهما بالأخرى»، هذا هو على وجه التحديد ما لا يقبله مؤرّخ التقنيات، فحينئذٍ يوجد قطع واضح جدّاً، حيث للفولاذ خصائص مختلفة تماماً عن خصائص الحديد جعلته يساهم في تطويرات تكنولوجية دعمت نموّاً كان اختنق لولاها.

في الحقيقة، إذا أردنا أن ننضمّ إلى التحليلات النظرية للنمو، نقول إنّ التطوّر التقني يترجم من جهة عبر الانتاجية ومن جهة أخرى عبر مخزون من رأس المال. يصعب التحليل في هذه الحالة الأخيرة، «ونتجنّب الصعوبة، كما كتب مؤخراً أحد علماء الاقتصاد، بافتراضنا أنّه يوجد في كلّ لحظة أنواع عديدة من الأرصدة الرأسمالية: وكلّ نوع هو من جيل مختلف، جيل يتحدّد بتاريخ إنشاء مجموعة الأدوات المناسبة. إذن تمثّل وحدة رأس المال من جيل معيّن كفاءة معيّنة للانتاج يتطلّب وضعها موضع العمل إدخال عدد معيّن من العمّال». إنّنا نلتقي في الواقع بفكرة النظام التقني التي حاولنا إبرازها وتوضيحها في صفحات سابقة.

كون النموّ يتعلّق بالتطوّر التقني، فإنّه يحدث أحياناً بعض التغيّرات على مستويات مختلفة، أوّلها على الصعيد الفردي أي على صعيد المؤسّسة. إنّ التطوّر التقني لا يتسبّب فقط باختفاء مؤسّسات جعلها هامشية بل ينزع إلى تخفيض عدد المؤسّسات نفسه. كان يوجد حوالي الست مائة شركة صناعة حديدية عام 1815، ولا يوجد اليوم أكثر من اثنتين وإذا أردنا إنشاء وحدة إنتاج جديدة يجب أن يتمّ بينهما اتّفاق بشأنها كي يمكن تحقيقها. في معظم الحالات، التطوّر التقني هو ما يؤدّي إلى تركيز عدد المؤسّسات، هذه كانت مثلاً مسألة نزح المياه الذي أدّى بين 1837 و 1845 إلى توحيد المناجم الفحمية في حوض اللوار (la Loire).

المستوى الأعلى من التغيّر يكمن على مقياس البلد ككلّ. هنا أيضاً، يتسبّب التطوّر التقني بتغيّرات بين المناطق. إنّ صناعة متقنة تقنياً ترتبط بالضرورة بموارد طبيعية وبتسهيلات في النقل. الأولى هي إلزامية، والثانية إن بدت متيسّرة بالنسبة لبعض القطاعات (نقل الطاقة مثلاً)، فإنّ الموقع لا يقلّ أهمّية عن الموارد. نفس المسألة تُطرح على مقياس العالم، لهذا السبب أبرز النموّ والتطوّر التقني دوماً ما أسماه الانكليز بالمناطق الضعيفة، زراعياً كما صناعياً. نرى هذا خلال القرن التاسع عشر في انكلترا وفرنسا، ونراه اليوم بالنسبة للعالم، وإذا كان الأمر كذلك بالنسبة للمكان، فهو نفسه بالنسبة للشركات والمؤسّسات الاقتصادية.

لقد شدّدنا إذن على أهمّية العوامل الأربعة الرئيسية التالية: التطوّر العلمي، عمليّة الاختراع، التجديد، والنموّ أو التطوّر الاقتصادي إذا أردنا أن نتكلّم بصورة عامّة أكثر، وأشرنا في كلّ مرّة إلى الروابط التي توجد بين كلّ اثنين من هذه العوامل. ولقد لفتنا إلى أنّ «الضغوطات» متبادلة، إلى أنّها تتغيّر حسب القطاعات وحسب الفترات وأنّها يجب أن تؤدّي بالنهاية إلى نقاط تقارب. من مجموعة التقاربات هذه نشأ التقارب النهائي بين التطوّر التقني والتطوّر الاقتصادي.

كذلك ينبغي أن ندرس الروابط الموجودة بين كلّ ثلاثة من هذه العوامل، ويمكننا أن ننشيء انطلاقاً من هذه الروابط مجموعتين اثنتين:

التطوّر العلمي ـ عمليّة الاختراع ـ التجديد ـ النمو.

هنا أيضاً، نستنتج تركيبات مضاعفة، من الممكن في الواقع أن ننطلق، كي نفسّر ظاهرة ما، من أحد الطرفين أو من النقطة الوسط مع توزيع في الاتجاهين. لنأخذ مثلاً انكليزياً من القرن الثامن عشر، لقد قام واط (Watt) باكتشافاته الأولى جزئياً تحت ضغط التطوّر العلمي، لكن بعد ذلك، من قدّم له الشركة التي سمحت له بتنفيذ مجموعة اختراعاته كان صناعياً كبيراً يدعى بولتن (Boulton). كذلك في القرن التاسع عشر عيّنت الشركة الكبرى سان غوبان (Saint-Gobain) مديراً لها عالم كيمياء مهمّاً هو كليمان ـ ديزورم (Clèment-Desormes)، بالمقابل كان عالم الكيمياء الأستاذ كولمان (Kuhlmann) هو من أسّس في شمال فرنسا شركة كبيرة حملت اسمه.

الحالة الثانية تأتي حيث لا يكون بين عمليّة الاختراع والتطوّر العلمي علاقات واضحة. عندئذٍ يكون الاعتقاد بضغط أقوى من قِبل الحاجات هو ما يدفع المقاول إلى التجديد، إذن إلى الاختراع. نرى بوضوح أنّ الاختراع هو عنصر الوسط في الحالة الأولى والتجديد في الحالة الثانية. في النوع الأوّل من العلاقة تلعب التقنية الدور المحرّك، بينما يلعبه الاقتصاد في الحالة الثانية.

لنعد إلى حديثنا: الاختراع هو عنصر الوسط، أي أنّه ليس بالإمكان تحقيقه دون ضغط من جهة ودون تقارب من جهة أخرى. لنحدّد: عندما يصل التطوّر التقني إلى درجة تجعل بالإمكان إنجاز اختراع معيّن، قد يوجد هنا ضغط من العلم على التقنية. ولكن ليس بالإمكان تحقيق الاختراع فعلاً إلاّ عندما يتوافق مع حاجة ما اقتصادية، اجتماعية أو من أيّ نوع آخر، أي عندما يكون التجديد مرجوّاً. وبالعكس، ليس بوسع الضغط من قبل الحاجة، أي ضرورة التجديد، أن يؤدّي إلى الاختراع إلاّ عند وجود تقارب بين التقنية والعلم.

لدينا هنا الحالة النموذجية، ففي الواقع لا تتحقّق جميع هذه الشروط إلاّ في حالات فردية، في عمليات تجديد أو اختراع تتناول ناحية معيّنة من التقنيات. وقد يكون بإمكاننا القول أيضاً إنّها حالة نظام تقني ما يزال يبحث عن نفسه ويصل تدريجياً إلى نتيجته على دفعات مقسّمة، وتاريخ التقنيات الانكليزية على مدى القرن الثامن عشر يحفل بالأمثلة. عندها تكون إذن أوليات الاختراع من النوع الفردي: البحث عن ربح صاف إضافي أو تكوين رأس مال جديد من خلال المنتوج. يُعوّض عن عدم وجود بعض المخاطرات، أو

بعبارة أفضل عن تخفيض بعض المخاطرات بواسطة امتياز مؤقّت. ويتمّ الانتشار العامودي للتطوّر التقني بصورة أسرع من الانتشار الأفقي.

الروابط بين العناصر الثلاثة الأخيرة يصعب استيعابها. هنا عملية التجديد هي العنصر الأوسط ومن الصعب تحديد اتجاه الضغوطات وموقع مستوى التقاربات. يبدو أنّ الضغط، ولكنّ تحليلاتنا ما تزال غير كافية، يأتي خاصّة نتيجة ضرورات النموّ، إمّا للإسراع في وضع نظام تقني جديد، إمّا لمعالجة انحرافات جرت في التطوّر التقني، كما في النظام الاقتصادي أو النظام الاجتماعي. نعبر إذن وفي كلّ المجالات إلى حركات جماعية، هنا دور المقاول الذي يقرّر ويقوم بعملية الوصل بين مجموعات الاختراعات هو أكبر من دور المخترع. لقد ولّى عهد واط (Watt) المنفرد وجاء دور بولتن (Boulton) الذي يبتكر ليس فقط مكنة بخار متقنة بل أيضاً صناعة الإنشاء الآلي بكاملها. واط الذي كان في البدء العنصر الأساسي، واط براءات 1769، لم يعد أكثر من جهاز ضمن عدّة أجهزة أخرى وبإمكانه هكذا تحقيق براءاته لسنة 1787. مع واط وبولتن نرى بوضوح أنّ عنصر الوسط انتقل من الاختراع إلى التجديد، تنشأ الشركة لتوزيع الاختراعات كما تسعى إلى دفع عجلة التطوّر التقني. برجوعها إلى واط، فإنّها تعلّق الاختراع بالتجديد، ويخفّ دور العلم عندما نكون بصدد استعمال كمّية اختراعات موجودة مسبقاً: ما يهمّ هو التناسق وكذلك ضرورة الترابط الذي ينبغي أن يدفع أحياناً إلى اختراعات جديدة. بشكل عام، خاصّة في العصور القديمة، الحاجة إلى هذه الاختراعات الجديدة قلّما يُشعر بها فعلاً.

المقصود هنا على وجه التحديد هو عملية نشر أكثر منه عملية تجديد، وتجديدات عامّة أكثر منه اختراعات خاصّة وجزئية. تأخذ الجهود الجماعية أهمّيتها، وتتلاشى الامتيازات المؤقّتة. يأخذ تجهيز المجموعات الصغيرة أهمّيته ويصبح تدخّل الدولة أكيداً: فالاستثمار الخاص يجب أن يصحبه استثمار عام (تكوين بنية تحتية اقتصادية، خاصّة في مجال وسائل الإعلام والنقل، وكذلك تطوير التعليم بغية رفع الثقافة العلمية العامّة). هنا يكون الانتشار الأفقي أسرع من الانتشار العامودي. سوف نلحظ بسهولة أنّ هذه حالة البلدان غير المحرّكة أو غير الباعثة للتطوّر التقني عندما تريد اعتماد نظام تقني جديد بصورة كلّية، ولدينا أمثلة ممتازة بالنسبة للقارة الأوروبية في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر.

إنّ التسوية العامّة تتجاوز مجرّد المستوى التقني كما الحال في النموذج السابق، لأنّه يتعيّن في الواقع على هذا الصعيد تأمين الترابطات مع الأنظمة الأخرى؛ أي الاقتصادي، الاجتماعي، المؤسّسي والسياسي.

نستنتج إذن فوارق ملحوظة بين هذين النموذجين للتطوّر التقني اللذين لا يتنافيان،

كما سنرى لاحقاً. في الحقيقة تأتي الضغوطات الأقوى من قبل العنصرين الطرفيين، العلم من جهة والنمو من جهة أخرى، إذ يمكننا بسهولة تأويل هذه العلاقات الثلاثية عبر مستوى علمي من جهة وعبر احتياجات النمو من جهة أخرى.

وخاصّة، يتعلّق هذان النموذجان بفترتين مختلفتين: النموذج الأوّل يطابق تماماً مرحلة التحضير، عندما نكون بصدد وضع نظام تقني جديد، بطريقة متشتّتة بعض الشيء، وبالمقابل يقع الثاني في فترة الإقلاع، بعد أن نكون قد حصلنا على حدّ أدنى من التلاحم وأنّه يجدر أن يمتدّ البحث عن تلاحم معيّن إلى الأنظمة الأخرى.

التاريخ هو بالضرورة تاريخ تطوّرات، نلاحظ إذن كلّما اقتربنا من العصر الحالي تغييرات مهمّة في المفاهيم ذاتها التي حاولنا تحديدها، وأيضاً اختفاءات تدريجية لبعض منها. وهناك ظاهرتان تبدوان نوعاً ما بديهيتين:

أ ـ أوّلاً، ولا حاجة كبيرة هنا للتفسير، أصبح التطوّر العلمي والتطوّر التقني متلازمين أكثر فأكثر. لم يعد في أيّامنا إمكانية لاختراع كبير خارج نطاق معرفة علمية واسعة، وهذا ما يطرح مسائل مهمّة يتردّد صداها في الصحافة اليومية: أيجب أن تكون غاية العلم التطوّر العلمي المحض أم ركناً للتقنيات المتقنة أكثر فأكثر؟ وهنا نكتفي بطرح السؤال.

ب ـ كذلك، لم يعد بوسع عملية التجديد والتطوّر الاقتصادي أن يسير أحدهما دون الآخر، بل يصبح التجديد أحد المكوّنات الأساسية للتطوّر الاقتصادي. وفي هذا النطاق نفسه، يتغلّب دور المجموعة أكثر فأكثر على الدور الفردي، إذ إنّ انطلاق البحث التقني الذي يتطلّب تكاليف ثابتة متصاعدة ينزع إلى إخفاء المبادرة الفردية.

عندئذٍ تميل التمييزات التي وضعناها بين مختلف المفاهيم إلى الاضمحلال تدريجياً.

أوّلاً اختفاء عملية الاختراع ككيان قائم بحاله: فهي تختفي وتزول بفعل الأهمّية التي يأخذها العنصران اللذان يحيطان بها. هذا في الواقع لأنّنا نشعر بالحاجة إلى شيء جديد معدّ للاستعمال الفوري، ولكنّه شيء لم يعد بالإمكان وضعه بمعزل عن المسيرة العلمية. عندئذٍ تنخفض الحواجز بين العلم والتقنية، وكما تحقّق التطوّر العلمي في المختبرات، ينحدر التطوّر التقني بدوره عن المختبرات، ممّا يؤدّي إلى إنشاءات فكرية متشابهة. إنّه لمن الشيّق أن نقوم بتناول تاريخ مختبرات المصانع؛ ولادتها، تطويرها، طريقة إجراء الأبحاث فيها، وكذلك سياسات الأبحاث في المؤسّسات. إذا كنّا اليوم نتعلّم كيف نتعرّف إليها، على الأقلّ في خطوطها الرئيسية، فإنّ البدايات هي نوعاً ما مجهولة. في الصناعة الحديدية مثلاً نعرف أنّ شركة هولتزر (Holtzer) هي التي نظّمت عام 1869، مع بوسينغوه (Bossingault) وبروستلاين (Brustlein)، أوّل مختبر معدّ لابتكار أوّل أنواع الفولاذ الخاصّة. وفي عام 1880،

عيّن فايول (Fayol) في مختبره في مصنع إيمفي (Imphy) علماء لمتابعة الأبحاث حول نفس أنواع الفولاذ. وتسمح لنا دراسات أحادية وافية متتابعة بالإحاطة بصورة دقيقة بكلّ المسائل التي تطرحها مختبرات المؤسّسات، ومن هذا الحاصل يمكننا أخيراً الوصول إلى تحليل عامّ أكثر، كلّي وشامل أكثر.

سابقاً، كان الاختراع ينتظر، قبل أن يتسنّى تطبيقه، أن تصبح الشروط التقنية، الاقتصادية، الاجتماعية، إلخ...، مؤاتية، ومن ثمّ يتبع التجديد. بعد ذلك أصبحت الرغبة في التجديد هي ما يدفع إلى الاختراع: لقد انقلبت الصورة تماماً. يمكن للمؤسّسة أن تبدأ بالأبحاث في مختبراتها الخاصّة «ما أن تتبيّن إمكانيات للتطبيق في اتجاه قد يكون على أهمّية». لنذكر حالة الدكتور هولست (Holst) المنشىء والمدير الأوّل لمختبرات فيليبس (Philips)، فقد انكبّ على دراسة التفريغات عبر الغاز فوراً بعد أبحاث فرانك (Franck) وهرتز (Hertz)، وعلى دراسة الحالة الجامدة بعد أعمال بيرلز (Peierls)، وبلوك (Block)، وبريلوان (Brillouin) وهايزنبيرغ (Heisenberg)، وعلى الفيزياء والأدوات النووية بعد اكتشافات جوليو ـ كوري (Joliot-Curie) وفيرمي (Fermi). حتّى أنّه أحياناً يكون البحث التطبيقي متقدّماً على البحث النظري: عندها تضع المختبرات الصناعية نتائج علمية انطلاقاً من معطيات تجريبية. ولكن حيث لا يريد الاقتصاد أن يخضع لمصادفات التطوّر العلمي، فإنّه يميل أكثر فأكثر إلى وضع البحث النظري في مختبراته الخاصّة، عندئذٍ يتمّ الوصل بين التطوّر الاقتصادي والتطوّر العلمي مباشرة.

نرى أنّه هنا أيضاً قد حدث تطوّر معيّن. في المختبرات الأولى للصناعات الحديدية ما يزال هناك نوع من البحث المتردّد أو التلمّس، حيث تتمّ، بطرق الملاحظة العلمية، تجربة أمزجة متتالية بكمّيات متناسبة بغية تحديد أفضلها. وقد بقي المختبر الصناعي طويلاً في هذا الطور، ويعطينا تاريخ مختبرات فيليبس مثلاً عن المرحلتين اللاحقتين. تقوم الأولى على استعمال نتائج البحث النظري صناعياً ومنهجياً: بعبارة أخرى، نتصرّف بطريقة معكوسة، نبحث عن تطبيق صناعي انطلاقاً من المعطيات العلمية وبنوع من الانقلاب تنعكس الطريقة في المرحلة الأخيرة ثانية، فبغية اختراع شيء جديد نحدّد المستوى العلمي الضروري ونصل إلى البحث النظري كي نجد حلاً لمشكلة تقنية. بهذه الطريقة جرت أبحاث في مختبرات فيليبس حول خصائص التنغستين[1] الفيزيائية.

ولكن مذ ذلك يصبح التمييز ضبابياً كلّياً، من المستحيل تحديد موقع الاختراع

---

(1) التنغستين هو عنصر فلزي يستعمل في تقسية الفولاذ وصنع السلكيات التي بداخل المصابيح الكهربائية.

والتجديد، ولا يبقى في النهاية سوى العنصرين الطرفيين، التطوّر العلمي والتطوّر الاقتصادي.

لم يكن بوسع هذا أن يتجنّب عدداً معيّناً من الصعوبات، يقع بعضها بالضبط على الصعيد الذي يهمّنا هنا. بما أنّ تكاليف البحث، النظري كما التقني، محدّدة كان ينبغي بالضرورة إجراء خيارات معيّنة. بالتالي، هل كان يجب تفضيل البحث النظري حيث كان التطوّر التقني سيستفيد عاجلاً أم آجلاً؟ أم بالعكس كان يجب، ولأنّ هذا الأمر أصبح ممكناً، تفضيل البحث التقني وعدم إعطاء البحث النظري أكثر من اللازم لدعم الأوّل؟ فوق هذا كانت توجد مجموعة من الأسئلة لا تقلّ أهمّية. إذا كنّا اليوم نسير نحو نظام تقني جديد، كما سنحاول إظهاره، فإنه لا يتعيّن تأمين تلاحمه الداخلي وحسب، بل أيضاً تلاحمه مع الأنظمة الأخرى. وإذا كنّا نعي لهذا الأمر، بشكل عامّ جدّاً، فلا يبدو أنّنا ننكبّ عليه بطريقة جدّية. لنذكر ضمن هذين المنظورين مؤلّفي التخطيط الفرنسي الخامس:

بما أنّ البحث بطبيعته يتضمّن مخاطرة أساسية، فإنّ تنظيم العلم بالنسبة لحكومة معيّنة يقوم على تقدير مضمون وأهمّية المخاطرة بشكل أفضل وتحمّل مسؤوليتها بغية تحقيق أهداف ثقافية، اجتماعية، اقتصادية أو عسكرية (...) إنّ أوّل ردّة فعل لدى أمّة تريد المحافظة على مصالحها في نقاط تعتبرها أساسية لاستقلالها هي أن تسعى لفهم العلاقات بين البحث والاقتصاد وأن تحدّد المقاييس التي تجعل من بعض الأعمال العلمية سبباً للنمو أكثر من غيرها.

نرى أنّ لهذه المسألة الأولى أهميّتها، وهناك مسائل أخرى. إنّ نفقة البحث المتزايدة من الطبيعي أن تلغي فعالية أيّ مبادرة فردية. يتعيّن إذن إنشاء مؤسّسات جماعية، ذات طبيعة خاصّة أو عامّة. عندئذٍ يقتصر دور مختبر المصنع على مجرّد فحص للصناعة والمنتوج. لم يعد لديه ولم يعد بإمكانه أن يملك وسائل بحث مبتكِر. لا حاجة للتركيز على هذه الناحية من المسألة: فهي معروفة والكلّ يدركها.

أكثر غموضاً هو دمج التطوّر التقني ضمن رؤية مستقبلية، وهنا يجدر استعمال كلمة تخطيط. لم يعد الأمر مسألة خضوع لتطوّر تقني عشوائي في إنجازاته، لم يعد مسألة قبول، طوعاً أو كرهاً، بما يحصل في مجال التقنية وإجراء التكيّفات الضرورة قدر المستطاع. في كلّ المجالات، المجال الاقتصادي كما المجال العسكري، ينبغي تنظيم المستقبل، على مقياس الأمّة أو على مقياس مؤسّسة معيّنة، وبالتالي يجب كذلك وخاصة تنظيم التطوّر التقني. بعبارة أخرى، إذا أردنا استعادة عبارات استعملناها سابقاً، فإنّ الاختراع، ضمن نطاق وجوده ككيان قائم بذاته، هو بالضرورة هنا محدّد ومبرّر: ليس بوسعه أن يكون غير ذلك. الصعوبة الوحيدة هي في الواقع ولادته.

لنمرّ على الآمال المعاصرة التي تذكّرنا بأفكار الكاتب جول ڤيرن (Jules Verne). سوف نعود إلى برنامج دلفي (Delphi) ونشير إلى مكامن النقص فيه. يتعلّق الأمر بتحديد الأفعال التي يجعلها تطوّر التقنيات ممكنة خلال مهلة معيّنة؛ إنّ تربية الحيوانات الذكية وإعدادها لإتمام بعض المهمّات الصغيرة، إذا أردنا أن نأخذ واحداً من أمثلة عديدة، لا تمثّل توقّعاً تكنولوجياً بل أملاً يشبه أمل بعض الأشخاص في عصر النهضة بالنسبة لشيء يمكن تصوّره ويمكن عند الاقتضاء تحقيقه عندما تتوفّر جميع الشروط الضرورية لوجود مركّب تقني.

مع هذا من الممكن وضع توقّع تكنولوجي ولكنّه يجب أن ينتج عن تحليلات دقيقة وصحيحة: هذه التحليلات التي ما زلنا نحتاجها في كثير من الميادين. لهذا الهدف كذلك أقيمت مؤسّسات جديدة سوف تسنح لنا الفرصة التكلّم عنها مجدّداً: الوكالات المختلفة ولكن أيضاً وزارات الأبحاث أو التكنولوجيا، الموجودة في بعض البلدان. يبقى أن لا نعتقد أن المشكلة تجد الحلّ فور إنشاء المؤسّسة المكلّفة بحلها أو بوضعها على طريق الحل.

كلّما تعقّد وتنظّم التطوّر التقني، ينبغي أن لا ننسى مسألة أخيرة مهمّة: عندما كان التطوّر التقني يعتمد طرقاً عشوائية، أو عشوائية ظاهرياً، فإنّ تسويات الأنظمة التقنية الجديدة مع الأنظمة الأخرى تتمّ بطريقة ما عبر تدخّل عدد من القوى حرّة التصرّف، مع كلّ الأخطاء، كلّ التراجعات التي تنتج عن هذا الأمر قبل الحصول على توازن مرض. وإذا أصبح التطوّر التقني بعد ذلك شيئاً مبرمجاً، أي منظّماً، وفي آن واحد في الفعل، في المكان وفي الزمان، فإنّ هذه البرمجة يجب أن تطال كلّ التوافقات الضرورية، في جميع المجالات؛ المجال الاقتصادي الذي غالباً ما يُذكر، ولكن أيضاً المجال الاجتماعي، الثقافي، إلخ... عند غياب هذا النوع من البحث يصبح دون شك من العبث أن نرغب في فرض تطوّر تقني لا يلبّي الشروط اللازمة لتوازن عام.

مصادر المعلومات

لا داعي لإثبات أهمّية المصادر بالنسبة لمادّة التاريخ، ولكن يجب إعطاء فكرة عن الشكل الذي يندرج تحته كلّ منها لمعرفة طريقة البحث عنه واستعماله. أخيراً من الضروري وضع نقد لهذه المصادر تتغيّر منهجيته حسب نوع المصدر الذي يتناوله. إنّ تاريخ التقنيات كأي مادّة أخرى يتعلّق بأنواع متنوّعة من المصادر ولكلّ حقبة ما يميّزها عن غيرها من هذه الناحية، إنّها هنا حقائق بديهية.

النصوص

ما تزال النصوص تمثّل وستمثّل دوماً القسم الأهمّ من الوثائق التاريخية، لهذا يتعيّن أن نعيرها انتباهاً خاصّاً. ونشير إلى أنّ هذه النصوص هي على أنواع متعدّدة وأنّ معظمها يحتاج، فيما بينها ومع المصادر الأخرى، إلى تنظيمات خاصّة.

بعض هذه النصوص يعلمنا مباشرة عن التقنيات المعتمدة في عصور مختلفة، والبعض الآخر بطريقة غير مباشرة. سوف نستعرضها جميعاً بشكل موجز.

المؤلفات التقنية

سرعان ما تخطر المؤلفات التقنية على البال: إنّها بالتأكيد المرجع الأكثر مباشرة لإعلامنا عن التقنيات القديمة. ويصحّ ما قاله لا باليس (La Palice) في أنّ هذا الأدب قد تطوّر إن في ما يخصّ إدراكه أو طريقة تقديمه. ويطرح تاريخ هذا الأدب التقني، وهو تاريخ لم يتمّ وضعه بعد، العديد من المسائل. لقد تناولته حديثاً أبحاث عديدة من زوايا مختلفة وتحت أشكال خاصّة ويمكننا أن نأمل بظهور عمل جماعي حول الموضوع.

منذ أن تخلّت التقنية عن الطابع السحري والديني الذي اتّسمت به في بداياتها، أصبح بالإمكان إلى حدّ ما وضع قوانينها وتعليمها. ولكن طالما بقيت اليد أو التدخّل اليدوي أساسياً في تقنية معيّنة، يصعب أن نضع لها وصفاً خطّياً؛ كلّ ما يمكن فعله هو أن نعدّد من ناحية خصائص المواد الأوّلية، وأن نصف من ناحية أخرى الأدوات أو الآلات الضرورية لصناعة معيّنة. وإذا كانت بالعكس التقنيات المعتمدة تستدعي نمط تفكير، ولو جزئياً، يصبح عندها بوسعنا وضع «بحث تقني». لكنّ هذا النوع من البحث بقي طويلاً عملية تسوية، في داخل التقنية نفسها، بين الأجزاء المتعلّقة بنمط تفكير معيّن والأجزاء التي لم تكن سوى ثمرة معرفة تجريبية غير منظّمة أي التي لم تنتج عن اختبارية حقيقية.

يبدو أنّ الإغريق كانوا أوّل من حاول خلق الأدب التقني وسوف ندرس هذا الأمر في حينه وبالتفصيل. لنشِر فقط إلى أنّه كان يقتصر على التقنيات المحدّدة أعلاه، أي التقنيات التي تستدعي آلات شكّلت بعض عناصرها مادّة لنظرية معيّنة. هكذا كان حال دراسات آلات الرفع، آلات الحرب وآلات حمل الأوزان الثقيلة، والشيء نفسه ينطبق على التقنيات التي خلصت إلى بعض المبادىء، ودراسات طرق التحصين هي أفضل مثل على ذلك. حتّى لو كانت معلوماتنا حول الكتابات التقنية الإغريقية ناقصة، فبحوزتنا كلّ ما كان بوسع هذه الحضارة أن تقدّمه، لكن يبدو أنّه لا وجود للمقالات حول الهندسة المعمارية ولا حول الزراعة.

أمّا الرومان فلم يضيفوا الشيء الكثير؛ كان إسهامهم الأكبر على وجه التحديد فيما يخصّ الهندسة المعمارية والزراعة وسنعود أيضاً إلى هذا الأمر لاحقاً. إنّهم لم يغيّروا بتاتاً في

مفهوم المقالة التقنية واكتفوا بما كان الإغريق قد حققوه في مجالات محدّدة. والشيء الوحيد الذي يمكننا الإشارة إليه هنا هو المؤلّفات التي تُظهر كلّ ما حمله الرومان من ناحية مادّة التنظيم: إنّ مقالة ڤيجيس (Végèce) حول الفنّ العسكري، ومقالة فرونتينوس (Frontin) حول قنوات المياه كانتا عبارة عن أوراق إدارية، لها أهمّيتها، أكثر منها مقالات تقنية محضة. فيما يتعلّق بعصر الانحطاط، ونفكّر خاصّة ببيزنطية حتّى بداية القرون الوسطى، فإنّه اكتفى بإعادة كلّ الأدب التقني الكلاسيكي. ربّما فقط في القرن العاشر، حاول البيزنطيون ولكن دوماً على الغرار نفسه أن يراجعوا كلّ «القواعد» القديمة مع الإضافة إليها بعض التطوّرات المحقّقة آنذاك.

أمّا القرون الوسطى فإنّها أبدت ولا شك تراجعاً في مجال الكتابات التقنية. فكما تجزّأ العلم إلى عدد من المسائل المحدّدة، اقتصرت التقنية على مؤلّفات لم يكن معظمها سوى نتيجة تراكم أفعال خاصّة نادراً جدّاً ما كان منظّماً. وقد يكون بإمكاننا إعطاء الأدب التقني في القرون الوسطى اسم أدب الوصفات أو طرق الاستعمال؛ عناصر متباينة ومتفرّقة أحياناً، وغير منهجية بأيّ حال، ولدينا العديد من الأمثلة على هذا الأمر.

إنّ الكتب التي تعرض طرق الاستعمال والتي لا تتناول فقط تقنية محصورة عديدة، وهي تتجمّع حول بعض المفاهيم الكبيرة. ليس بوسعنا إعطاء مثل أفضل من الراهب تيوفيل (Théophile) في مجال التقنيات الفنّية، أو وصفات الكيمياء التي درسها مفصّلاً ب. سيزار (P. Cézard) منذ فترة غير بعيدة. ونلتقي الشيء نفسه في مجال أدوات الحرب، أفضل مثل هو مقالة غي دي فيجيفانو (Guy de Vigevano) التي كتبها لملك فرنسا المستعدّ للذهاب إلى الحرب الصليبية، هذه المقالة أدّت بسرعة إلى ما أسماه عصر النهضة «مسارح الآلات». وقد أخذت «مسارح الآلات» هذه شكلها النهائي بفضل «كرّاسات المهندسين» والتي لم يتمّ وضعها بغاية النشر الواسع، كان كلّ مهندس يدوّن فيها ما يراه مهمّاً بالنسبة لمهنته أو ما يثير فضوله. إذا كنّا نحيط علماً بشكل عام بكرّاسات ليونار دوفنشي (Léonard de Vinci) فإنّنا نجهل أنّه سبقها عدد من الكرّاسات الأخرى التي جرت بعض المحاولات لتنقيحها.

إلاّ أنّ القرون الوسطى لم تغفل عن المقالات المركّزة حول بعض النشاطات، هنا نحن بصدد وصفات متراكمة أيضاً ولكن منظّمة بصورة أفضل ومرتبطة بعضها ببعض. لقد احتفظنا بأمثلة عديدة على ذلك وفي مجالات مختلفة، هكذا الأمر بالنسبة للزراعة حيث تضاعفت المقالات منذ أعمال الانكليز النورمانديين في القرن الثالث عشر ومنها أعمال والتر دي هنلي (Walter de Henley)، إلى مقالة بيار دي كريسّان (Pierre de Crescent) المطوّلة في القرن الرابع عشر. ينبغي أيضاً الإشارة إلى المقالات حول طرق البيطرة ومقالات صيد

الوحوش والطيور التي تنتمي إلى النوع نفسه، وكذلك إلى مقالة جان دي بري (Jean de Brie) في طرق تربية الماشية.

انطلاقاً من كلّ هذا الأدب ولدت جهود عصر النهضة، إذ كان يتعيّن على هذا العصر بالفعل أن يتبع كلّ الطرق التي رسمتها له الحقبة السابقة، إلاّ أنّه قد أضاف إليها التعديلات المهمّة. إنّنا نعرف بفضل ليوناردو دا فينشي أنّ «كرّاسات المهندسين» لقيت دوماً النجاح نفسه، كما نعرف مدى رواج «مسارح الآلات». وقد بقي التقليد نفسه منذ المنشورات الخطّية لمقالة الألماني كييسر (Kyeser) إلى المنشورات الأنيقة من راميللي (1588,Ramelli)، ديللا بورتا (1601,Della Porta)، زونكا (1607,Zonca) وبرانكا (1629,Branca). إنّ هذا النوع من المؤلّفات مرّ عبر القرن السابع عشر بأكمله وتابع إلى منتصف القرن الثامن عشر مع لوبولد (1724,Leupold) أو كونيغ (1752,König)، إنّها في الواقع تقديمات للآلات على أساس صور وبعض الشروحات الموجزة غالباً. ودون شك تمثّل «البيانات الوصفية» في القرن الثامن عشر أفضل شكل معدّ ومنظّم عن هذه المؤلّفات.

ولكن ظهر مع هذه المؤلّفات شكل آخر من الكتابات عُرف في القرون الوسطى كذلك ولكنّه كان معدّاً بصورة أفضل. هذه المؤلّفات تدور دوماً حول تقنية ما. ما ينبغي فعله هو إذن أن نجمع كلّ ما يتعلّق بصناعة معيّنة ولكن هذه المرّة بحسّ علمي أو على الأقلّ بحسّ نقدي عندما يعوزنا العلم. لقد استفادت الزراعة كثيراً من هذا الأمر بينما أخذت البيطرة أو الصيد يتلاشيان، ولكن ظهرت في معظم الميادين كتب عديدة بقي بعضها لفترة طويلة يُعتبر كلاسيكياً. وقد كانت الأفضلية للمناجم والصناعات المعدنية ربّما لأنّنا نعرفها أكثر: نتذكّر جميعاً أعمال أغريكولا (Agricula) وبيرينغوشيو (Biringuccio) وغيرهما. كما كان هناك مقالات حول سبك المدافع كشفت الخطوات الأولى في علم القذائف، ومقالات في صناعة التقطير، والصباغة ويمكننا مضاعفة الأمثلة. نعرف أنّ ليوناردو دافينشي تناول العديد من هذه المقالات ومن ضمنها مقالة في العلوم المائية، ولا حاجة للتذكير أنّ أبحاث الهندسة المعمارية وتنظيم المدن كثرت في ذلك العصر، كنّا إذن بمعرض تكنولوجيا منظّمة بدأت تتكوّن في بعض القطاعات.

لقد حدث تغيّر في المفهوم؛ حتّى في عناوين المؤلّفات كنا نجد إشارات إلى طرق الاستعمال بدلاً من «المناهج العقلية». في الواقع، كان المستوى العلمي المكتسب في ذلك العصر والعلاقات الرديئة بين العلم والتقنية، تسدّ الطريق أمام تكنولوجيا عقلانية تماماً.

إنّ «البيان الوصفي » وُلد في نهاية القرن السابع عشر، ونعرف أنّ كولبير (Colbert) المهتمّ دون شك باقتصاد ثابت أكثر منه بتطوّر بحث، كان قد كلّف أكاديمية العلوم بوضع

تقييم لكلّ التقنيات المعتمدة حينذاك. كان يتعيّن اختيار أفضل الطرق ودفعها إلى الإتقان عندما كانت تدعو الحاجة ـ وقد كان اسم المجموعة من ناحية أخرى «الوصف والإتقان» ـ بشكل تستطيع معه أن تُفرض من تلقاء نفسها. كان هذا إذن عمل أخصّائيين تقنيين تحقّقت منه أعلى سلطة علمية في ذلك العصر. من جهة أخرى بدأت أكاديمية العلوم في نفس الوقت نشر «الآلات المقبولة»، أي الاختراعات الجديدة التي اقتُرحت عليها، وإذا كان بعض هذه الأعمال قد أصبح جاهزاً في نهاية القرن السابع عشر، فإنّ الإصدار الأوّل لا يعود إلى ما قبل العام 1762، وهنا لدينا صورة كاملة عن التقنية الكلاسيكية.

إنّ موسوعة L'Encyclopédie التي وضعها ديدرو (Diderot) ودالامبير (d'Alembert) تبعت الطريق نفسه؛ هناك من كتب في «الموسوعة» وأيضاً في «البيانات الوصفية»، ممّا أدّى إلى بعض المشاكل. وتكمن قيمة «الموسوعة» الكبيرة في كونها وضعت مناهج للمبادرات والمشاريع ودمجت التقنية مع المعارف الأخرى. لكن تمهيد دالامبير يُظهر أنّ الأفكار بالنسبة لتكوين تكنولوجيا معيّنة قلّما كانت قيد التطوّر.

إنّ اليد العاملة هي ما يصنع الفنّان وليست الكتب ما يعلّمنا التشغيل. فقط سوف يجد الفنّان في عملنا هذا رؤى ربّما لم يعرفها وملاحظات لم يستطع إجراءها إلاّ بعد سنين من العمل. إنّنا نقدّم للقارىء المجتهد ما قد يتعلّمه من الفنّان أثناء رؤيته له في عمله لإرضاء فضوله؛ ونقدّم للفنّان ما نتمنّاه أن يتعلّم من الفيلسوف كي يتقدّم نحو الكمال والإتقان.

أمّا الموسوعة المنهجية L'Encyclopédie Méthodique فقد أعطت كلاًّ من مجلّداتها، عن طريق تخصيصه، عمقاً أكبر، ولكنّها فصلت التقنية عن الثقافة العامّة.

المقالات التقنية كما رأيناها تولد من جديد عند نهاية القرن الخامس عشر تتابعت بشكل متواضع خلال القرن السابع عشر ولكن بغزارة في القرن الثامن عشر وذلك في جميع البلدان. بعد ما وضعته المؤسّسات الريفية التي لقيت نجاحاً كبيراً منذ منتصف القرن السادس عشر بدأت أوّل الأبحاث الزراعية الكبيرة ترى النور: ويعطينا الانكليزي تول (Tull) أفضل مثل على ذلك. إلى جانب هذا، لم يخلُ أيّ قطاع تقني من مقالة واحدة على الأقلّ، ومن مقالات عديدة غالباً. وقد شارك في هذه الحركة كلّ بلدان أوروبا الغربية تقريباً.

القرن التاسع عشر ترك نهائياً مسارح الآلات والبيانات الوصفية ولم يعد يعتمد سوى المقالات أو الأبحاث التقنية، هذا ما فرضه تقدّم العلوم والتحالف الذي أصبح أقوى بين العلم والتقنية. لا يتعيّن علينا بالطبع إجراء جردة شاملة ولكن سوف نعود لاحقاً إلى هذه الناحية من المسألة.

انطلاقاً من نهاية القرن الثامن عشر، جاءت النشرات والمجلاّت التقنية لتكمل هذا

الأدب. بالفعل كان يجب، دون الرجوع دوماً إلى المقالات التقنية، إعطاء الجمهور فكرة واضحة عن التطوّر التقني الحاصل. وتبدو أهمّية هذه النشرات من ناحية أخرى من حيث إنّها تكشف لنا عن عدد من الأفعال المهمّة: تقويم نهائي للاختراع، تكييف مع موارد طبيعية مختلفة. وإذا كان في فرنسا قسم من هذه النشرات، على الأقلّ في المرحلة الأولى، تصدره الحكومة، فإنّها كانت في البلدان الأخرى، انكلترا مثلاً، تابعة بحتاً للقطاع الخاص. في العام 1783 نشرت في لندن الأعداد الأولى من «Transactions of The Society for Encouragements of Arts»، وقد بدأت فرنسا عام 1794 إصدار «الجريدة» (le Journal) ثمّ «كرّاسات المناجم»، وفي عام 1795 «جريدة الفنون والصناعات». أمّا صدور «نشرة مؤسّسة تشجيع الصناعة الوطنية» ابتداء من العام 1801، فإنّه طبع فترة بداية «المؤسسات الصناعية» التي تكاثرت فيما بعد. إنّ التفحّص المنهجي لهذه النشرات على مدى القرن التاسع عشر يقدّم حتماً لتاريخ التقنيات عناصر قيّمة جداً. لنشر أيضاً إلى أنّ معظمها لم يكن يحصر فضوله فيما يخصّ التقنيات فقط على مستوى ضيّق، بل كان يتناول أيضاً المشاكل الاقتصادية التي كان يطرحها التطوّر التقني.

يتعيّن القيام بمجهود كبير بخصوص كلّ هذا الأدب التقني، ومن الطبيعي أن يكون الإجراء الأوّل وضع قائمة أو جردة نقدية في آن واحد لطريقة تقديم هذه المؤلّفات أو النشرات وأيضاً لمضمونها. وتُظهر لنا المحاولات من هذا النوع بالنسبة للمنشآت البحرية، للصناعة الحديدية ولصناعة الأقفال كلّ الفائدة التي يمكن أن نجنيها منها. توازياً مع ذلك يجب القيام بمجهود لنشر أو إعادة نشر هذه المؤلّفات، وهذا ما بدأ بالنسبة لبعض المقالات المخطوطة، فبالإضافة إلى كرّاسات ليوناردو دافينشي تمّ منذ فترة نشر مقالات فرانشسكو دي جيورجيو (Francesco di Giorgio)، وكييسر (Kyeser) وتاكولا (Taccola). وتتّضح لنا كذلك الفائدة من إعادة نشر المؤلّفات القديمة غير المتوفّرة دائماً: هكذا تمّ إعادة إصدار بعض المؤلّفات منذ نهاية القرن التاسع عشر. وما زالت الحركة متواصلة حتّى اليوم ولكن على إيقاع محدود: هكذا أعاد الطليان نشر مؤلّف برانكا (Branca). والأهمّ هي النشرات النقدية، أي التي تضيف إلى المؤلّف الأصلي كلّ الملاحظات التي تتطلّبها نصوص يصعب غالباً فهمها وتأويلها. وكانت الولايات المتّحدة قد بدأت في هذا المضمار إنجاز مؤلّفات مهمّة، حيث أصدر الرئيس هوفر (Hoover) بين الحربين العالميتين ترجمة انكليزية لمؤلّف أغريكولا (Agricola) «De re metallica». وحديثاً بوشر بتناول مؤلّفات أكثر منهجية، لنذكر مثلاً الإصدارات في مجال الصناعة المعدنية من جهة من قبل س. سميث (C.S. Smith) في الولايات المتّحدة (من بيرينغوشيو (Biringuccio) إلى ريامور (Réaumur)، بفضل «The

«American Institute of Mining» ، ومن جهة أخرى من قبل أكاديمية فرايبرغ (Freiberg) التي أضافت إليها التقنيات المنجمية. كذلك نُشِرت بعض المقالات التقنية الإغريقية، غالباً بنصّها الأصلي وأحياناً مع بعض الترجمات الضرورية، وبقي عدد كبير ينتظر النشر. أمّا مخطوطات القرون الوسطى وبداية عصر النهضة فقد أصبحت معروفة أكثر.

المصادر المباشرة

المراجع التي يمكن استعمالها مباشرة هي بشكل عام حديثة العهد، إذ إنّ تاريخها لا يعود إلى ما قبل البدء بالتنظيم الفعلي للمحفوظات الإدارية. وهي على نوعين: المحفوظات (الأرشيف) الإدارية العامّة المحضة ومحفوظات المؤسّسات.

منذ اللحظة التي تتكوّن فيها فعلاً الإدارات الكبيرة، يولد نوع معيّن من الوثائق. ومنذ ذلك العصر، أي نهاية القرن السابع عشر، ازدادت هذه الوثائق غنى لا سيّما في ملء الحقبة المركنتيلية[1] حيث كانت التقنية في مقدّمة الاهتمامات الحكومية. وثائق هامّة أكثر الأحيان، متنوّعة، ومتفاوتة القيمة لكن لا يمكن إغفال أيّ منها، وهي كانت نتيجة ثلاثة أدوار أساسية للدولة: الإعلام، الإدارة، وحماية الحقوق الفردية.

يرتبط الإعلام بالإدارة بشكل وثيق، فمنذ نهاية القرن السابع عشر اهتمّت الدولة بمعرفة وضع التقنيات سواء على أرضها أو في الخارج حيث قد تكون التقنيات مختلفة أو أكثر إتقاناً، وهذا لتشغيل خدماتها الخاصّة كما لدفع التقدّم الاقتصادي في البلد، وهكذا تكوّنت الوثائق التقنية على المستوى الحكومي. في فرنسا، كي لا نأخذ أكثر من هذا المثل، توزّع المجهود في اتجاهات عديدة، ففي داخل البلد نفسه نتج عن فحص النوعيات وملاحظة وضع القوانين أبحاث انفتحت بشكل واسع على المسائل التقنية، كذلك أرسلت البعثات إلى الخارج، بصورة خاصّة إلى انكلترا، ولكن أيضاً إلى ألمانيا لا سيّما من أجل التقنيات المنجمية والمعدنية لاستخلاص طرق الإتقان والتجديد. إنّ محفوظات الوزارات الاقتصادية، الزراعة، الصناعة، الأشغال العامّة التي حلّت عند بدء القرن التاسع عشر محلّ المراقبة العامّة القديمة، تتضمّن ملفّات مهمّة جدّاً بهذا الشأن، كذلك الأمر بالنسبة للوزارات التي تعتمد التقنيات بالضرورة: يخطر للذهن بشكل خاص وزارتا الحرب والبحرية ومحفوظاتهما الغنية جدّاً.

---

(1) المركنتيلية هي نظام اقتصادي نشأ في أوروبا خلال تفسّخ الإقطاعية لتعزيز ثروة الدولة بتنظيم الاقتصاد واعتبار المعادن الثمينة ثروة الدولة الأساسية.

(المترجم)

كذلك توجّهت الدولة إلى مؤسّسات رسمية يكمن دورها في الإشارة عليها ونشر المعلومات التقنية، فقد كان يتعيّن على مؤسّسي أكاديميات العلوم التي أنشئت عند نهاية القرن السابع عشر وخلال القرن الثامن عشر أن يضعوا في بالهم كون هذه الأكاديميات تقنية كما هي علمية. والشيء نفسه كان في فرنسا بالنسبة للمؤسّسات الزراعية التي أنشئت انطلاقاً من العام 1758 وكُلِّفت بتنفيذ الإصلاح في مجال الزراعة.

أمّا البراءة، إذا أردنا تسميتها باسمها الحديث، فقد كان لها هدف مزدوج، فهي من جهة كانت ضرورية، حيث كان يجب حماية مصلحة المخترع، على الأقلّ لتشجيع وتنمية حسّ الاختراع، ومن جهة أخرى لم يكن يجدر بالاختراع أن يبقى سرّ صناعة معيّنة كما كان يقول علماء الاقتصاد عند بداية القرن التاسع عشر، أوّلاً لأنّ امتياز صناعة ما هو دائماً شيء خطر، ثمّ لأنّ نشر الاختراع هو أمر مفيد للاقتصاد، وهناك ترابط طبيعي بين الموقفين. لقد كُرّس عدد من الأعمال المهمّة لتاريخ البراءات التي اتخذت، حسب البلدان وحسب العصور، أشكالاً مختلفة. ومفهوم البراءة ظهر في عصر المركنتيلية: من هنا كانت براءة الاختراع تبدو أداة سياسة اقتصادية عامّة أكثر منها فعل حماية فردية، وقد ساهمت على المدى الطويل باستيراد التقنيات الأجنبية أكثر من مساهمتها في حماية اختراعات بحتة، وبهذا ساعدت على إطلاق صناعات جديدة في بلد معيّن، صناعات تعتمد تقنيات مستعملة سابقاً في بلدان أخرى، أكثر من مساعدتها على التطوّر التقني.

لنذكر أحد النصوص، وربّما أقدمها، الذي يُظهر للمناسبة كم أنّ الذهنية المركنتيلية قديمة، على الأقلّ في مادّة التقنيات. عام 1236، منح ملك انكلترا مواطناً في بوردو (Bordeaux) وعلى مدى خمسة عشر عاماً حقّ التفرّد بصناعة أجواخ على الطريقة الفلامندية، الفرنسية أو الانكليزية. منذ ذلك الحين بدأ يتمّ وضع بعض مميّزات البراءة: امتياز محدود، ضمانة السلطة العامّة. ويبدو أن نظام البراءة أصبح منهجياً في مدينة البندقية منذ نهاية القرن الخامس عشر، واكتمل شكلها تحت النظام الانكليزي عام 1623. وقد تطوّر شكل وقانون البراءة بالطبع بعد ذلك، فإذا كانت البراءة الانكليزية أو الهولندية في القرن السابع عشر شبيهة بما هي عليه البراءة الحديثة، فإنّ «الامتياز» الفرنسي يبتعد عنها، حيث إنّه كان غالباً محدوداً في الزمان والمكان كما كان الحال تحت نظام كولبير (Colbert). من ناحية أخرى وفي معظم البلدان لم يكن البحث عن الأسبقية موجوداً آنذاك، بعكس ما عليه الحال اليوم. وقد دشّنت فرنسا، مع مراقبة أكاديمية العلوم، مفهوماً جديداً لم يُحافظ عليه هو مفهوم مدى الفائدة من النهج الجديد أو الآلة الجديدة؛ ويبدو هذا الأمر واضحاً في تشريع الأكاديمية لعام 1699.

خلال القرن التاسع عشر تحدّد نظام البراءة واكتمل، وتمّ تقريباً أينما كان تشكيل

أجهزة عامّة كُلِّفت بحماية حقوق المخترع ولكن أيضاً بنشر المعلومات التقنية. وبسرعة أصبحت تصدر نشرات منتظمة انطلاقاً من البراءات: في فرنسا عام 1811 مع تذكير منذ 1791، وفي انكلترا عام 1853 مع تذكير منذ 1671. إذن تؤلّف هذه النشرات مرجعاً مهمّاً: حديثاً أظهر معرض لها في باريس مدى أهمّيتها. وفي هولندا صدرت نشرة جمعت كلّ «براءات» هذا البلد من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر، وقد يكون من المفيد بسط هذا النوع من العمل إلى البلدان الأخرى.

شيئاً فشيئاً أخذ مجموع هذه الوثائق يتلاشى، ما عدا الوثائق التي تتناول الوظائف الصناعية للدول. ذلك أنّه بعد ذلك الحين أصبح بالإمكان اكتساب المعلومات التقنية بطريقة أخرى، لا سيّما بفضل الصحافة التقنية. وقد خفّت درجة الفائدة من البعثات والتوثيق، رغم أنّنا شاهدنا بعد الحرب العالمية الثانية بعثات عديدة إلى الولايات المتّحدة ذهبت للاطّلاع على كلّ التطوّر التقني الذي أحدثته الحرب. والسبب الآخر هو في أنّ المؤسّسات الكبيرة أصبحت تكوّن مجموع وثائقها الخاصّة بنفسها.

إذن انطلاقاً من فترة معيّنة، تشكّل محفوظات المؤسّسات مرجعاً هامّاً بالنسبة لتاريخ التقنيات، ونتمنّى أن لا تختفي هذه الوثائق بحجّة أنّها لاغية، فهي على أهمّية كبيرة من حيث إنّها تتناول في آن واحد عملية الاختراع وعملية التجديد وكامل إطارهما.

كما بالنسبة للأدب التقني ننهي كلامنا، هنا أيضاً، بأمنية. لقد تمّ في بعض البلدان وضع كتب مرشِدة للبحث في عدّة ميادين من البحث التاريخي، قد يكون من المفيد بل من الضروري والملحّ في بعض القطاعات وضع كتب من هذا النوع مكرّسة لتاريخ التقنيات. فيما يخصّ المراجع المباشرة التي تكلّمنا عنها المهمّة هي أبعد من أن تبدو مستحيلة التحقيق، حتّى أنّنا نعتقد أنّه من السهل الوصول إلى اتفاق حول الموضوع على المستوى الدولي.

المصادر غير المباشرة

من الصعب تقديم المراجع غير المباشرة بصورة منطقية وذلك لتنوّعها واختلاف بعضها عن بعض، إلاّ أنّها، بالنسبة للعصور القديمة، كلّ ما بقي لنا لإعادة تكوين تقنيات تلك العصور مع الصور والمواضيع.

قد يكون السرد التاريخي وأحياناً الأدب المتداول من المصادر المفيدة، رغم أنّ تفسيرهما يكون غالباً على شيء من الدقّة. هل هناك حاجة للتذكير أنّنا تعرّفنا إلى نشاط أرخميدس التقني عن طريق بلوتارك (Plutarque)، وأنّ أوّل مثل عن المنشار المائي أُخذ من قصيدة موزيللا (Mosella) لأوزونيوس (Ausone)؟ ويمكننا مضاعفة الأمثلة. إنّ الصعوبة

الكبرى أمام هذا النوع من البحث تكمن في طول عمليات التفحّص. وبإمكان السرد التاريخي أن يعطينا بعض العناصر، فعند ظروف استثنائية، ومغامرات رائعة وإنجازات مدهشة يمكن للسارد أو المؤرّخ أن يرضي فضولنا بوصف أو شرح يجني منه مؤرّخ التقنيات الفائدة الكبيرة. وهناك مجال يملك فيه هذا الأدب التاريخي قيمة استثنائية: إنّه مجال الفنّ العسكري. هنا أيضاً يستدعي استعمال هذه المادّة الوثائقية الحذر واليقظة من قبل الباحث.

تشكّل المراجع السياسية في القرون الوسطى مصدراً مهمّاً لا نملك مثيله بالنسبة لعصر القدماء. هنا أيضاً تجدر المحاولة لوضع تصنيف قد يكون مفيداً حتّى ولو بالغ بتبسيط المسألة.

إنّ أفعال التبرّع والهبات المقدّمة عامّة إلى مؤسّسات رهبانية والتي يطلق عليها البعض بشكل مبهم بعض الشيء اسم صكوك التبرّع، تمثّل حتّى عصر معيّن المادّة الوثائقية الوحيدة تقريباً. إنّها غالباً غير دقيقة ولكن يمكننا أحياناً أن نستشفّ منها عناصر مهمّة خاصّة فيما يتعلّق بظهور وانتشار بعض الآلات، فقد أمكن عن طريقها حتماً دراسة انتشار وتنوّع الطاقة المائية قبل القرن الثالث عشر. ويشكّل نشر سجلاّت الأديرة أو فقط بيبليوغرافيا لها الخطوة الأولى في ميدان البحث، ومن المستحسن أن يكون للنشرات الناتجة عن هذه الوثائق فهارس تسهّل الأبحاث؛ هناك فهارس تظهر مدى الفائدة التي يمكننا الحصول عليها من الكتاب.

قد يكون من المهمّ أيضاً وضع جداول من هذه الوثائق مكرّسة لصناعات معيّنة، لأدوات معيّنة، فنجمع بهذه الطريقة مجمل الوثائق التي تنتمي إلى قطاع معيّن، وقد جرت محاولات من هذا النوع بالنسبة للمطاحن في انكلترا، وفي فرنسا وُضعت مجموعة تتناول الصناعات الحديدية. كلّ هذه الوثائق، مجموعة بهذه الطريقة، تعطينا عناصر متنوّعة، جزئية بالطبع، ولكن يتيح لنا تراكمها بناء نظريات لا تسمح بوضعها أيّة وثائق أخرى.

أمّا المصادر القانونية فيمكننا في الحقيقة اعتبارها مراجع مباشرة، ولكن غير تامّة لأنّها، كونها أنظمة بعض الأحيان وروادع أحياناً أخرى، لا تعطينا سوى رؤية ناقصة للتقنيات المعتمدة.

أمّا قوانين المؤسّسات فهي معروفة أكثر، وقد تمّ في بعض المدن جمعها وترقيمها، مثلاً كتاب إتيان بوالو (Etienne Boileau) حول الحرف في باريس. كما جرى في بعض المناطق تشكيل مجموعات وكتب تهتمّ بصناعات معيّنة أعطت تاريخ التقنيات معلومات لا تقدّر بثمن، ونذكر مثلاً المجموعات المخصصة لصناعة الأجواخ في شمال فرنسا وفي بلجيكا. في إيطاليا كذلك نشر العديد من الكتب تبعاً لتسلسل جغرافي أكثر الأحيان. وعن هذه النصوص تمّ اقتباس علوم أحادية لافتة تتعلّق بتاريخ التقنيات. تجدر الإشارة إلى أنّ هذه

القوانين هي معظم الأحيان عبارة عن روادع وليس عن أنظمة إيجابية، كما يبدو من جهة أخرى أنّ هذه الروادع تطال تقنيات حكم عليها بأنّها ضعيفة بعد ما كانت معتمدة سابقاً. من تشريع إلى تشريع نلمس طريق انتشار دولاب المغزل مثلاً، بعض محتويات الصباغة وبعض طرق تحضير المواد النسيجية.

كذلك الأمر بالنسبة للقوانين المنجمية، وأقدمها هو دون شك القانون الروماني بالنسبة للمناجم الاسبانية الذي درسه قديماً أردايون (Ardaillon). إنّ هذه القوانين هي، بعكس قوانين المؤسّسات، إيجابية، بمعنى أنّها تنصّ على عدد معيّن من القواعد يجب تطبيقها لأسباب مختلفة: علاقات مع الجيران، تأمين على الاستغلال للمنجم. وقد وُضع لهذه الوثائق فهارس جرى تحليل بعضها بكثير من التفصيل، ونذكر بشكل خاص الدراسات التي جرت حول قوانين الاستغلالات المنجمية في يوغوسلافيا الحالية.

تترجم الكتابة المتتالية لهذه التشريعات وهذه القوانين المنجمية تطوّر التقنيات بطريقة جلية، كما أنّ رفع بعض الموانع، مثلاً عن استعمال دولاب المغزل أو الحلاجة، أو استعمال بعض مواد الصباغة يدلّنا على تغيّر اعتبره الكثيرون آنذاك دلالة على تقهقر التقنيات وليس تطوّرها.

أخيراً تشكّل المراسيم المحرّرة مصدراً أخيراً مهمّاً، ونشير إلى أنّه إذا كانت كتابة العدل في شمال أوروبة لا تعود إلى ما قبل القرن الخامس عشر فإنّها بدأت في الجنوب منذ القرن الثاني عشر. لا حاجة قط لنذكر مطوّلاً هنا أنواع المراسيم التي تمرّ أمام الكتّاب العدل والتي قد تكون مهمّة بالنسبة لمؤرّخ التقنيات: قوائم جرد، كشوفات، عقود بناء. بوسع قائمة الجرد أن تعطينا لوائح كاملة بالأدوات المستعملة، وبحوزتنا كذلك عقود مفصّلة جدّاً حول بناء المراكب. هذا المصدر، عدا بعض الحالات الاستثنائية، لم يستغلّ إلاّ قليلاً: من الصحيح أيضاً أنّ عمليات التفحّص هي هنا أيضاً طويلة جدّاً.

لا يتمّ تفسير النصوص بعيداً عن الالتقاء بمصاعب جدّية، سنمرّ على عدم الدقّة في بعض من هذه النصوص، خاصّة النصوص الأدبية، وأحياناً أيضاً النصوص الإدارية. إحدى أهمّ الصعوبات تنتج عن اللغة، فباستثناء بعض الحالات النادرة لم تأخذ اللغة التقنية حقّها من الدرس رغم أنّه في هذا المجال يكشف لنا انتقال الكلمات من بلد إلى آخر عن معلومات هامّة. فقد أظهرت دراسة حول قانون المناجم في مدينة ماسّا Massa الإيطالية وأبحاث حول القوانين المنجمية في يوغوسلافيا الحالية أنّ العبارات المنجمية المستعملة في أوروبة كانت ذات أصل ألماني. في انكلترا كلّ كلمات التقنيات الحديدية تقريباً هي ذات أصل فرنسي، وفي فرنسا يعود عدد لا بأس به من عبارات

البحرية إلى أصل فلامندي. إنّ خلق المفردات التقنية بادئ الأمر يطرح مشاكل صعبة: من الطبيعي أن تكون العجلة والبكرة في اليونان مرتبطتين، ولكن يستغرب كون عدد كبير من الآلات، في اليونان أيضاً، يحمل أسماء حيوانات؛ قد يكون هذا الأمر مألوف بالنسبة لأدوات الحرب ولكنّه يجري أيضاً على أجهزة الرفع أو البناء، مثل عنزة (مرفعة)، خروف (مطرقة معدنية)، كركي (ونش)، ذئبية، إلخ... نحن بالتالي بمعرض مشكلة مزدوجة، مشكلة الألفاظ الجديدة من حيث إنّ التقنيات تتطوّر وتتجدّد ومشكلة نقل الأسماء من حيث ظهور الأدوات والآلات. أحياناً كان يُعطى لآلة جديدة اسم قديم، وأحياناً كان يُستورَد من الخارج الأداة ومعها اسمها.

يستدعي نقد كلّ هذه النصوص طبعاً طرق النقد التاريخي المعروفة لأيّ نصّ كان: تعيين التاريخ، المصدر، التأثيرات، إلخ... ويتعيّن على مؤرّخ التقنيات أن يضيف كلّ ما يمكنه استخلاصه من علمه كي يكمل التحليلات ويقوم بمقاربات مع نصوص أخرى. يجب مثلاً أن يقول ما إذا كانت تقنية مذكورة تبدو له طبيعية في موضعها، ما إذا كانت التواريخ تتطابق مع ما نعرفه من تاريخ التقنيات، باختصار أن يضيف إلى النقد التقليدي كلّ ما يمكن لاختصاص معيّن أن يقدّمه.

المصادر الأيقونية

إنّ عدم الدقّة في بعض النصوص واختفاء الأشياء القديمة يجعلان الصورة، من أيّ نوع كانت، أمراً أساسياً بالنسبة لتاريخ التقنيات. وقد أظهر أهمّية المراجع الأيقونية كلّ من بلومنر (Blümner) بالنسبة لتقنيات القدماء الكلاسيكيين ويال (Jal) بالنسبة لصناعات السفن. وبعدهما بنى المقدّم لوفيفر دي نويت (Lefèvre des Noëttes) القسم الأساسي من دراسته حول النير على أساس مجموعة وثائق أيقونية.

المسألة واسعة ومتنوّعة، ولها حسب العصور وأيضاً حسب القطاعات التقنية أشكال خاصّة ومميّزة. ينبغي إذن أن نضع بعض الترتيب في معلوماتنا؛ أوّلاً يجب التمييز بين أمرين، إذ يوجد في الواقع «صور» بالمعنى الواسع للكلمة، حيث بإمكان مؤرّخ التقنيات أن يجد عناصر تهمّه دون أن تكون قسماً من هدف الفنّان الأساسي، ونأخذ كمثل وجود المحراث والمركب في لوحة بروغل (Breughel) التي تمثّل سقوط إيكار (Icare). ومن جهة أخرى هناك الرسم التقني البحث الذي بدأ منذ أوّل ظهور للمقالات التقنية.

إنّ ما يمكننا تسميته الأيقنة العامّة يبدو لنا عالماً شاسعاً لا حدود لتنوّعه. قلّما كان هناك تقنيات لم يتناولها الفنّانون، تحت أشكالها الأكثر تنوّعاً. وقد تطوّرت هذه المجموعة الوثائقية طبعاً مع تحوّل الفن على مرّ الزمن.

بالنسبة للعصر القديم الكلاسيكي استُخدم كلّ الديكور المرسوم من اللوحات إلى المنحوتات إلى الأواني، لا سيّما أنّ الصور الممثّلة تشكّل أحد المصادر الأكثر غزارة وامتداداً بالنسبة لتاريخ التقنيات في ما يتعلّق بذلك العصر. يجب إذن أن نتفحّص مدوّنة الأواني الإغريقية بكاملها. وتقدّم لنا فسيفساءات أوستيا (Ostie) صوراً فريدة لسفن رومانية.

القرون الوسطى عرفت نفس أشكال الفنون ما عدا الأواني، وبالإضافة إلى اللوحات التي أخذت تتكاثر كان هناك مصغّرات المخطوطات والزجاجيات والوصمات. لدينا إذن بالنسبة لهذا العصر مجموعة وثائق غزيرة جدّاً ولكن مشتّتة جداً.

بالنسبة للعصور التالية تقلّص عدد هذه الوثائق طبعاً ولكنّها أخذت تتّسم بدقّة أكبر بشكل عام، وأغلبها أصبح آنذاك لوحات ورسومات ما زال بعضها، رغم تطوّر الرسم التقني، بالغ الفائدة: مثلاً بعض مشاهد المصانع أو المحارف التي جذبت عدداً من الرسّامين الواقعيين سواء في فرنسا أو ألمانيا، ويمكننا إعطاء الأمثلة الكثيرة.

ثمّ إنّه ينبغي تفسير مجموعة الوثائق من هذا النوع، وهنا يجب أن تتوزّع الجهود في عدّة اتجاهات: تجميع الوثائق، نقد الوثائق، تفسيرها واستخدامها. في جميع المراحل، لا سيّما في المرحلة الأولى، من الأفضل أن يجري تنظيم البحث جماعياً وعلى المستوى الدولي.

لا شك في أنّ الخطوة الأساسية هي تجميع الصور، ولكنّها الخطوة الأطول. هل يجب العمل على قطاعات، أو من خلال تمحيصات عامّة ولكن محدودة جغرافياً؟ مثلاً تعطينا مدوّنة الأواني الإغريقية، بالنسبة لنموذج من الصور الممثّلة، مادّة وثائقية مهمّة، إنّها القائمة العامّة الوحيدة التي بحوزتنا بالنسبة للعصر القديم. أمّا بالنسبة للقرون الوسطى فإنّنا نعتمد أكثر طبعاً على الرصيد الفوتوغرافي ومنها ما هو مفيد بشكل خاص: هكذا مثلاً بالنسبة لصور مدينة ماربورغ (Marburg) أو مدينة برنستن (Princeton). كما أنّ المكتبة الوطنية في باريس لديها مجموعة فوتوغرافية مهمّة عن مصغّرات المخطوطات القديمة. قد يكون من السهل وضع لائحة بكلّ أدوات العمل هذه، بالنسبة للمراكز الموجودة كما بالنسبة لمحاولات بدأت ولن تُعرف نتائجها، على الأقلّ كلّياً، قبل سنوات: نعرف مثلاً أنّ فرنسا بدأت بمراجعة مدوّنة زجاجياتها كاملة.

وهناك طريقة أخرى أقلّ منطقية لأنّها تستلزم تفحّص بعض المواد منهجياً على مرّات متعدّدة، وهي تقوم على تجميع كلّ ما يتعلّق بتقنية محدّدة.

إنّ هذا الأمر يبدو مسهّلاً في بعض المجالات بفضل وجود مواضيع محدّدة سبق تقسيمها ودرسها على الصعيد الفنّي والديني، ونذكر هنا المعصرة الصوفية، الطاحونة

الصوفية، محرف القدّيس يوسف لأدوات النجارة، إلخ... كما سبق أن ذكرنا عمل المقدّم لوفيفر دي نويت فيما يخص النير. وحديثاً قامت مدام فان تيغيم (Mme Van Tyghem) ببحث مماثل حول تشييد العمارات الكبيرة، كما بدأ العمل على مؤلّفات، لا سيّما بالنسبة للقرون الوسطى، حول طواحين المياه وطواحين الهواء، وأدوات الحراثة والحدادة، ونفس الأمر بالنسبة للوصمات التي تصوّر سفناً، وهي من أهمّ مصادرنا حول القرون الوسطى، وقد تمّ تجميع قسم كبير منها في متحف غرينويتش Greenwich قرب لندن.

إنّ نقد الوثائق الأيقونية ليس بالأمر السهل، فتعيين التواريخ، والأماكن، والتأثيرات، كلّها أمور تزيد من صعوبة استخدام هذه المادّة. يبدو أنّ العملية الأولى يجب أن تقوم على أساس فرز معيّن، فهناك رسومات مضلّلة من غير المفيد أن نضيع وقتنا عليها، وقد نبّه إليها الكثير من المؤلّفين المعاصرين ونصحوا المؤرّخين بأخذ أكبر درجة من الحذر. إنّ صور المحراث الواردة في «التوراة المفسّرة» الذي نشره حينذاك لابورد (Laborde) لا تمتّ بصلة إلى الواقع، كذلك فإنّ أحد منمنمي القرن الرابع عشر، ومخطوطته محفوظة في مكتبة البودليان (Bodleian Library) وضع السكّة أمام مقدّم المحراث، وفي مكان آخر نرى الثيران لا تجرّ المحراث بل تدفعه.

سوف نمرّ سريعاً على مشكلة تعيين التواريخ: على الأخصّائيين في التاريخ أن يقدّموا لنا بهذا الصدد كلّ العناصر التي نحتاجها. والأمر نفسه بالنسبة لتعيين الأماكن، فإذا كان يبدو بعض الأحيان من السهل تعيين مصدر جدارية أو فسيفساء ما، فالمسألة أصعب في أحيان أخرى، لا سيّما بالنسبة للمخطوطات. من المفيد مثلاً لمؤرّخ التقنيات أن يعرف أنّ مصدر الأسفار الخمسة ليس مدينة تور Tours بل إفريقيا الشمالية. ونشير إلى أنّه بإمكان التقني أحياناً أن يساعد مؤرّخ الفنون في ما يخصّ هذا الأمر.

يجدر غالباً بالنقد الداخلي أن يبقى في مجال الفرضيات، إذا تعرّفنا إلى هويّة الفنان تسهل المشكلة ولا تُحلّ تماماً، لأنّه تُطرح حول الصورة نفسها أسئلة مهمّة يصعب أحياناً الإجابة عنها.

أ ـ أوّلها مسألة صدق الصورة، ففي الكثير من الحالات لم يفهم الفنّانون تماماً ما كانوا يريدون تصويره. أحياناً كان يسهل الأمر عليهم كتمثيل صورة غزّالة أمام مغزلها مثلاً، ولكنّه يتعقّد كلّما تصبح الأداة التقنية معقّدة بدورها: كما الأمر بالنسبة للمحراث أو السفينة. ومؤخّراً فقط أخذ الفنّانون يهتمّون بتصوير صادق حتّى أدقّ التفاصيل بشكل يدهش مؤرّخ التقنيات فعلاً.

ب ـ كثيراً ما سافر الفنّانون، قد يحدث مثلاً أن يكون فنّان إيطالي يعمل في فلندريا قد صوّر شيئاً ما ينتمي إلى مكان ولادته. إذن يجب الالتفات إلى هذه النقطة، وبأيّ حال يمكن لمؤرّخ التقنيات أن يكشف، بشكل أفضل من مؤرّخ الفنون، عن ما يمكننا تسميته خروجاً عن القياس.

ج ـ أخيراً هناك دور التأثيرات إذ نلاحظ تماماً الاستعارات من مخطوطة إلى أخرى مع كلّ الانحرافات التي قد تنتج عنها بشكل عام. وقد أمكن في بعض الحالات وضع تسلسلات واضحة لها.

إذن الوثائق الأيقونية هي مادّة غنية جدّاً، وثمينة لأنّها تقدّم لنا معلومات نادراً ما تقدّمها النصوص، ولكنّها دائماً دقيقة المعالجة للأسباب التي ذكرناها لتوّنا. إلى جانبها هناك ما يمكننا تسميته بالرسم التقني، ولم يبدأ الاحتفاظ به إلاّ انطلاقاً من القرون الوسطى. الأمثلة الأولى تعطينا إيّاها مخطوطات يونانية بيزنطية من القرن العاشر كانت تتضمّن بعض مقالات ميكانيكيي مدرسة الاسكندرية ومختارات تقنية بيزنطية. أمّا من ناحية أوروبة الغربية فلدينا «كرّاس» فيلاردي هو نكور Villart de Honnecourt وهو مهندس معماري من النصف الثاني للقرن الثالث عشر. بعد ذلك أخذت الرسوم تغطّي المقالات التقنية وكرّاسات المهندسين. لقد وُلد الرسم التقني فعلاً ولم يتوقّف عن التطوّر حتّى أيّامنا هذه.

سرعان ما لُمِست الحاجة إلى ضرورة تجاوز التفسيرات الشكلية للنصّ المكتوب للوصول إلى تصوير يعطي منذ النظرة الأولى فكرة عن الأداة أو الآلة. للحصول على نتيجة فعّالة كان يجب تخطّي عدد من الصعوبات، أوّلها إيجاد نوع من الرسم قادر على أن يعيد تركيب الغرض المرسوم وليس فقط جعل هذا الغرض أداة ديكور كما كان الحال مع الأيقنة بمعناها العام. إلاّ أنّنا نعرف أنّ الرسم، وهو انعكاس للرؤية، يبقى ناقصاً بالضرورة، في معظم الحالات على الأقلّ، حيث هناك دوماً أجزاء غير مرئية. الصعوبة الثانية تتوازى مع الأولى. إذا كنّا بصدد وضع بعض الملاحظات السريعة، كالتي توجد على وجه التحديد في كرّاسات المهندسين، فبوسع مخطّط صغير أن يفي بالمطلوب، ولكن عندما كان المقصود هو السماح لشخص آخر أن ينفّذ الغرض المرسوم لم يكن يجب رؤيته تحت مختلف زواياه وحسب بل أيضاً إعطاء الأبعاد والقياسات.

تطوّر إذن الرسم التقني. في البداية وخلال وقت طويل بقي الرسم وحيداً، ولكن للإجابة عن كلّ المتطلّبات التي ذكرناها كان يجب تمثيل كلّ أجزاء الآلة وقطعها وذلك في أفضل زاوية يمكن رؤيتها فيها. أصبحنا إذن نرى، كما على وصمة مدينة كرّارا (Carrara) التي لا تُعتبر رسماً تقنياً بالفعل، رسم عجلات العربة الأربع، ممثّلة بواسطة دوائر. هكذا أيضاً

صوّرت آلات الحرب في مقالة غي دي فيجيفانو Guy de Vigevano العسكرية عند بداية القرن الرابع عشر.

جاء بعد ذلك بسرعة الرسم المنظوري كي يسمح بتصحيح هذه الطريقة البدائية نوعاً ما. أصبح بإمكان العجلة أن تصبح قطعاً إهليجياً وأصبحنا نكتفي بوضع الغرض في وضع يسمح بإعادة رسمه كاملاً، إنّها الطريقة التي استُعملت حتّى نهاية القرن الثامن عشر، وقد عرفت خلال هذا الوقت بعض التحسينات كان أهمّها أن نكمل رسم المجموعة برسومات لمختلف أجزاء الآلة جميعها مجموعة ضمن تركيب معيّن أو حتّى مرفقة بمشهد صغير معبّر. أفضل مثل عن هذا النهج نجده في De re metallica لأغريكولا Agricola من منتصف القرن السادس عشر. بعد ذلك ساهم «البيان الوصفي للفنون» عن أكاديمية العلوم وكذلك «الموسوعة» في منتصف القرن الثامن عشر بتطوير هذا النهج في التصوير وبإكماله: وفيهما نجد بشكل خاص، بالنسبة لحرفة معيّنة، تصوير كامل الأدوات اللازمة؛ وإذا كان المقصود تصوير آلة معيّنة نجد رسوماً لها من مختلف الزوايا، مقاطع وجانبيات وكما عند أغريكولا تفصيل بعض القطع. حتّى أصبح من الممكن انطلاقاً من هذه اللوحات التقنية العائدة إلى القرن الثامن عشر تصميم نماذج عن الأغراض.

في نفس الوقت بدأ ظهور طريقة رسم أخرى تهدف إلى الإجابة عن الحاجة الثانية، أي الحاجة إلى الترقيم أو تحديد المقاييس. ففي منتصف القرن الخامس عشر كانت رسوم جيبرتي Ghiberti لأشكال الأجراس أشبه ما يمكن بجداول بالمقاييس، كما نجد بالنسبة لمزدوجات السفن رسوماً من نفس النوع لدى الصانع الانكليزي الكبير ماتيو بايكر Matthew Baker. منذ ذلك الحين، وحيث كانت التقنية الخاصّة بالرسم تستدعي، بدأ الاتّجاه نحو الرسم المرقّم.

منذ القرن الثامن عشر وفي بعض الأحيان منذ نهاية القرن السابع عشر بدأ يظهر الرسم الصناعي الحقيقي، وقد كان المهندسون المعماريون قد وصلوا إليه مسبقاً. عندئذٍ أصبحت المقاطع، المسطّحات والجانبيات تخوّل تحديد مقاييس القطع على وجه الدقّة وبالتالي إعادة صنعها.

الأغراض

من بين كلّ الشواهد على تطوّر التقنيات، الأغراض هي أدقّها وأثمنها. من المؤسف الاستنتاج أنّه لم يُعتنى بها إلاّ متأخّراً: كم من الخسارات الفادحة يؤسف لها. وما زالت في بعض البلدان تذكارات الحضارة المادّية هذه لا تستدعي حقّها من الانتباه، ويضطرّ بعض المؤرّخين والمحافظين، أحياناً مع غيظ شديد، إلى التنازل عن بقايا رائعة أحياناً. عام 1949

رفضت فرنسا أن تعيد لانكلترا إحدى سفنها القديمة، المبنية عام 1800 والمستولى عليها في ترافلغار Trafalgar.

يجب بالطبع التمييز بين نوعين من الأغراض، فهناك من جهة أدوات وآلات الانتاج، ومن جهة أخرى المنتوجات المصنوعة. لطالما جرت المحاولة لوضع تاريخ للتقنيات انطلاقاً من أدوات الانتاج، ومنذ بعض الوقت تتتابع الأبحاث، أقلّه في بعض القطاعات، على المنتوجات المصنوعة لمحاولة تحديد التقنيات المستعملة. إلاّ أنّ البحث عن هذه المراجع المادية، والفهارس والقوائم الضرورية، والتحليلات التي تتناولها ليست في الحقيقة سوى تمنيات أغلب الأحيان. ولحسن الحظ يوجد في العديد من المجالات محاولات نموذجية تعد كثيراً للمستقبل.

حتماً المنتوجات المصنوعة هي الأكثر عدداً، ولكنّها للأسف مشتّتة كثيراً ولا يمكن في بعض الحالات تحليلها نظراً لطابعها الفنّي. بعبارة أوضح، لم يدرك بعد أمناء المتاحف الأثرية أو متاحف الفنون الجميلة أنّه بالإمكان إجراء بعض التحليلات التي لا تضرّ بل تقدّم معلومات لا تضاهى عن الكنوز التي يحتفظون بها.

قبل أن نتناول بعض قطاعات هذا البحث (طبعاً لسنا بمعرض استنفاد الموضوع)، من الضروري أن نذكر بعض الصعوبات الكبرى، ومنها صعوبتان لا تقبلان النقاش: المنشأ والتاريخ. وما تزال الصعوبات تتزايد بحكم أن الأغراض التي بحوزتنا، حتّى بالنسبة لعصرين متقاربين نسبياً، تمثّل أعمالاً استثنائية، ولهذا السبب تحديداً يُحتفظ بها. دون تناول إناء ڤيكسVix الذي ما يزال مصدره عرضة لفرضيات ونظريات، قد يؤدّي بنا وجود أقمشة بيزنطية، أو من النوع البيزنطي، في قبر يعود إلى بداية القرون الوسطى إلى افتراضين: الأمر كناية عن مجرّد استيراد للبضاعة، امّا عن استيراد تقنيات بيزنطية وتقليدها. لطالما دار النقاش حول التأثّرات، البعيدة أحياناً، في مجال الفن، ولكنّ القليل من المؤرّخين اهتمّ بالتأثّرات التي تحدث أيضاً في مادّة التقنيات. لنأخذ مثلاً حديثاً: إنّ شبكات الكورس الموجودة في العديد من الكنائس ـ المزارات تتشابه كثيراً، لا سيّما بالنسبة لشبكات كنائس وسط فرنسا (كونك Conques، بيّوم Billom) والكنائس الاسبانية (إيغواثيل Iguacel، بامبلونا Pampelune، إلخ). هنا أيضاً بالإمكان وضع الكثير من الفرضيات حول تقنيات الحدادة والتجميع: انتقال الأعمال، انتقال العمّال، انتقال التقنيات؟ بوسعنا إيجاد الأجوبة في بعض الحالات. كما قد يكون من المهمّ مثلاً أن ندرس التقنيات السيسترسيانية وأن نعرف كيف أمكن تحقيق انتشار التقنيات المجهّزة والمنفّذة جيّداً، وكذلك أين نشأت أصلاً هذه التقنيات.

إنّ مشاكل تعيين التواريخ لا تقلّ دقّة، ولكنّها مشاكل مشتركة مع العديد من المواد الأخرى. مثلاً هل تعبّر شبكة رومانية قديمة عن صناعة فعلاً قديمة، أم عن تقليد للصناعة القديمة أو عن عمل غير حاذق لحدّاد من القرية؟ نعرف أنّ المؤرّخين ما زالوا يتجادلون حول ظهور حدوة الجواد، ولكن ثبت في بعض الأماكن أنّه، مع الزمن، قد ينزل الحديد في الأرض ويتواجد بالتالي في مستويات أثرية لا تتطابق في الواقع مع عصره الحقيقي، لذلك غالباً ما نعمد إلى مقارنات إمّا مع أغراض أخرى، وإمّا مع نصوص وصور كي نصل إلى تعيين تاريخ دقيق أو تقريبي تبعاً للحالات.

بالطبع يُعتبر وجود الزوج أداة الانتاج ـ الغرض المصنوع هو الأهمّ، ولكنّه وللأسف نادر، إلاّ أنّه من الممكن أحياناً تجميع بعض العناصر. في حفريات حديثة، وجد البولنديون أو التشيكيون آثار أفران تحويل بدائية، وتمكّنوا من خلال دراستهم لهذه الأفران، للمعادن المستعملة، وبقايا الفحم أن يعيدوا تركيبات قدّمت غلّة كبيرة بالنسبة لتاريخ التقنيات الحديدية. عند مقارنة هذه النتائج مع نصوص قديمة تتعلّق باستغلال الأملاك أو مع القوانين المنجمية التي تكلّمنا عنها من الممكن طرح تفسير اجتماعي لمفهوم الانتاج آنذاك.

الغرض هو إذن مصدر بالغ الأهمّية بالنسبة لتاريخ التقنيات، في هذا المجال يجدر أخذ ناحيتين للبحث بعين الاعتبار: من جهة دراسة ما يُحتفظ به، ومن جهة أخرى اكتشاف شواهد جديدة على تقنيات اختفت.

أدوات الانتاج التي احتفظ بها هي على نوعين: البعض منها، وما زال تقريباً عبارة عن أدوات، هو قديم ومصدره الحفريات بشكل عام. هنا نذكر حالة الأدوات التي اكتشفت في پومپي (Pompéi، إيطاليا)، وأيضاً سكك المحاريث أو سكاكينها التي نراها في المتاحف، والأدوات التي وُجدت في دهاليز المناجم القديمة، كمناجم ماسّا (Massa) في إيطاليا أو فيليسكا (Wieliska) في بولندا. أمّا بالنسبة للآلات فأقدمها قد اختفى إلى الأبد، وتُعتبر مطاحن پومپي ربّما أقدم آلات نعرفها، ونذكر مطحنة فاليرValère ذات الذراع في سيون Sion في سويسرا التي تعود إلى القرن الرابع عشر، ومخارط القرن السادس عشر المحفوظة في آنڤير Anvers أو في متحف ميونيخ. في مجال الصناعة النسيجية أكثر الأدوات المحفوظة تعود دون شك إلى القرن الثامن عشر وانطلاقاً من هذا التاريخ أصبحت المجموعات العامّة غنية جدّاً، الدليل على ذلك السلسلة المدهشة للآلات البخارية الموجودة في متحف العلوم في لندن، وكذلك المصفّحة القديمة جدّاً الموجودة ضمن مجموعة خاصّة في لياج Liège. وبإمكان بعض الأبنية القديمة أن تعطينا، بصعوبة أحياناً، فكرة عمّا كان عليه التجهيز الصناعي القديم، ولا نذكر كمثل

أكثر من بعض الأبنية السيسترسيانية: محرف الحدادة في فونتني (Fontenay)، ومبنى الأعمال في روايومون (Royaumont) في فرنسا.

ربّما كان بالإمكان منذ وقت غير بعيد أن نحمي من الدمار مواداً تعود إلى القرن التاسع عشر وقد اختفت هي أيضاً تقريباً بكليتها. إلاّ أنّه تجري منذ سنوات، وفي بعض البلدان، محاولات للحفاظ على المحارف القديمة مع أدواتها. في بولندا تمّ تحويل مصنع قديم للمسامير، مع مصفّحة مهمّة جدّاً، إلى متحف. كذلك في السويد يُحافظ على محرف تصفيح قديم بكامله. ويبدو أنّه ترتسم اليوم حركة معيّنة لحماية هذه الشواهد، التي أصبحت نادرة جدّاً، على تقنيات ليست رغم ذلك قديمة جدّاً.

الناحية الثانية من الموضوع، هي استمرار بعض التقنيات القديمة مع عدد من التغييرات أحياناً. لا شك في أنّه تمت المحافظة على هذا العتاد ودراسته بشكل أفضل، وهكذا أمكن جمع بعض الأدوات التي اتُّفق على تسميتها «تقليدية»، كما أُمكن تصنيف بعض المحارف القديمة كآثار تاريخية. ولكن جرت بشكل خاص دراسات محدّدة حول بعض الحرف: الأبحاث التي أعدّها المتحف الفرنسي للفنون والتقاليد الشعبية حول مقارع الحديد، وحول عمل صانع القباقيب أو صانع المدافىء في فيلديولي بوال Villedieu-les-Poêles في مقاطعة النورماندي تُعتبر نموذجية في هذا المجال. وقد تمّ أينما كان تقريباً عمل جمع للآلات، للأدوات والمكنات. ويكفي بالنسبة لمؤرّخي التقنيات أن يميّزوا، في كلّ هذه الكميّة الكبيرة، بين الحصّة العائدة إلى التقنيات لقديمة وما قد يكون ثمرة تحسينات تقنية حديثة نسبياً.

عدا عن الآلة البحتة هناك النموذج المصغّر. كان مهندسو عصر النهضة المعماريون يصمّمون فيما مضى نماذج مصغّرة لبعض الأبنية التي كانوا يبنونها، من هنا جاءت فكرة صنع نماذج مصغّرة خاصّة بالنسبة للآلات، وإقامة معارض لها أو مجموعات منها بهدف إظهار ونشر التطوّر التقني. هذه الفكرة خطرت لديكارت Descartes وأقيم، كما سنرى، في باريس عام 1683 أوّل معرض لنماذج الآلات ووُضِع عنه بيان ما يزال محفوظاً. وقد أعاد الكرّة كريستوفر بولهيم Christoffer Polhem مهندس المناجم السويدي الشهير، الذي طلب تنفيذ عدد كبير من نماذج عن الآلات المستعملة في المناجم، وما تزال هذه المجموعة موجودة اليوم. في النصف الثاني من القرن الثامن عشر أخذت الرغبة بتأليف مجموعات من النماذج انطلاقتها الحقيقية. تحت إدارة الاخوان بيريبه Périer وبأمر من مدام دي جينليس Mme de Genlis، وضع الميكانيكي كالاّ Calla، من أجل الملك العتيد لوي ـ فيليب Louis-Philippe، نماذج مصغّرة عن لوحات «الموسوعة». في نفس الوقت تقريباً بدأ

فوكانسون Vaucanson، في فندق مورتانيMortagne ، تكوين مجموعة من الآلات والنماذج اشتراها الملك عام 1783 وافتتح بها كونسرڤاتوار الفنون والمهن. كما كان هناك مجموعات أخرى شهيرة: مجموعة الشهير دوهاميل دي مونسو Duhamel du Monceau تفرقّت منذ فترة قريبة.

إنّ تطوّر الصحافة التقنية وممارسة الرسم الصناعي خفّفا من فائدة استعمال النموذج المصغّر كأداة تعليم، ولكنّه بقي مسألة ذوق عندما دخل تاريخ التقنيات إلى بعض الأوساط. في كثير من الحالات اقترنت النماذج بالبراءات: هكذا ولدت مجموعات مؤسّسة Smithsonian institution في واشنطن، كذلك عام 1881 استوعب متحف العلوم في لندن مجموعات خدمة البراءات، ولكن كان هناك أيضاً مجموعات خاصّة؛ لقد عهد إلى معهد العلوم نفسه عام 1900 بمجموعة مودسلي Maudslay التي بدأها الميكانيكي الانكليزي الكبير، وعام 1903 بمجموعة بينيت وودكروفت Bennet Woodcroft.

بالطبع عدد الأغراض المصنوعة هو أكبر بكثير، من الآثار المعمارية، التي لن نركّز عليها كثيراً، إلى الأغراض البحتة؛ بعضها محفوظ في مكانه والبعض الآخر جمع ضمن مجموعات عامّة أو خاصّة. حتّى بالنسبة للهندسة المعمارية ما تزال بعض النقاط بحاجة للتوضيح، ففي هذا المجال، تماماً كما فعل ر. مارتان R. Martin، الانتباه مثلاً إلى الآثار المتروكة على حجارة بعض المعابد الإغريقية القديمة يدلّنا إلى استعمال أجهزة رفع معيّنة. وتكمن هنا أيضاً مسألة توازن الكاتدرائيات القوطية والتقنيات المعتمدة. بهذا الشأن، كثيراً ما تسبّب تاريخ الفنون بإغفال تاريخ التقنيات.

فيما يخصّ الأغراض، ما عدا تلك التي تأتي من الحفريات الأثرية، فإنّ المتاحف تحتفظ خاصّة بقطع استثنائية، أغراض غنية أو فخمة، وبهذا تكون هويّتها واضحة على الصعيد الزمني، المصدر أو الموقع: إنّها إذن، من وجهة نظر تقنية، تُعتبر ثمينة أيضاً.

لطالما بقيت التقنيات غائبة عن اهتمامات علماء الآثار، يبدو أنّه فقط بعد الحرب العالمية الأولى بدأت تنقيبات تهدف بصورة خاصة إلى إبراز أدوات الانتاج والأغراض المتداولة. وقد تركّزت الجهود بشكل عام على مجالات محدّدة. جرت الأبحاث الأولى مثلاً حول أفران التحويل في ألمانيا، وقد أصبحت هذه التنقيبات منهجية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية في ألمانيا، في انكلترا، في تشيكوسلوفاكيا، في هنغاريا، في بولندا وفي الاتّحاد السوڤياتي. وهي أعطت لمعرفتنا للتقنيات الحديدية معلومات على درجة كبيرة من الأهمّية.

سمحت السفن المكتشفة في قبور ڤايكينغ جزئياً بإعادة بناء تطوّر لم يكن عرف

لولاها. سفينة نيدام Nydam العائدة إلى القرن الثالث والمكتشفة في الدانمارك، وسفينة ساتن هو Sutton Hoo في انكلترا من القرن السابع، وسفينتا غوكستاد Gokstad وأوزبرغ Oseberg في النروج، العائدتين إلى القرن التاسع أو العاشر، جميعها تمثّل تماماً تاريخ السفن. كلّ هذه الاكتشافات جرت بين 1863 و 1903، كما حدثت منذ 1950 اكتشافات مهمّة أخرى، ونعرف كلّ ما قدّمته الأبحاث تحت البحرية لمعرفتنا بسفن القدماء: فقد جرى على محيط البحر المتوسّط معاينة بعض سفن الشحن، اكتشافها وأحياناً رفعها. في بريم Brême تمّ تخليص سفينة من القرن الرابع عشر من الوحل، وفي ستوكهولم جرى تعويم سفينة من القرن السابع عشر. يمكننا الحكم على قيمة كلّ هذه البقايا الثمينة، بالنسبة لعصور لا يمكن لأنواع أخرى من الوثائق أن تعطي المعلومات الدقيقة.

إذا كانت اكتشافات عرضية قد أعطتنا عناصر مهمّة تتعلّق بالحياة المادية، فلم يتمّ القيام بأي بحث منهجي. لقد سمحت التنقيبات في بولندا، ومنذ بعض الوقت في بلدان أخرى، عن القرى المختفية بتجميع مادّة وثائقية من الدرجة الأولى، كما كشفت حفريات منهجية في تشيكوسلوفاكيا عن عدد من سكك المحاريث خوّلتنا تعيين تاريخ الانتقال من الحراثة المتناسقة إلى الحراثة غير المتناسقة وكذلك تاريخ ظهور المحراث الثقيل.

هكذا أخذت معرفتنا للعالم المادّي ومعرفتنا للتقنيات تكبران، لكنّ الحاجة ما زالت تدعو لبذل الجهود الكبيرة سواء لاستخدام العتاد الموجود أو للحصول على مواد أخرى. لذلك تجدر إقامة تعاون دولي بهذا الخصوص، إذ قلّما أخذ تاريخ التقنيات الحدود بعين الاعتبار. هناك حتماً تضافرات ممتازة حتّى على الصعيد الدولي: يوجد جمعية للمتاحف الزراعية، وتقام بانتظام مؤتمرات حول تاريخ البحرية، كما تشكّلت مجموعة دولية لدراسة الصناعات المعدنية القديمة. مع هذا يجب التركيز على مظهرين أو ناحيتين للبحث في مادّة الأغراض.

الناحية الأولى تتناول دراسة الأغراض المصنوعة المشتّتة غالباً عبر المجموعات. لكلّ نوع من الأغراض، ينبغي وضع بطاقات أو فيشات تحليل كاملة قدر الإمكان. ويقدّم لنا مركز دراسة الصناعات النسيجية القديمة في ليون Lyon نموذجاً حديثاً عن هذه البطاقات، فكلّ منها تتضمّن عدداً كبيراً من الأسئلة تعطي أجوبتها معلومات ممتازة لتاريخ التقنيات النسيجية. كما أنّ تحليلات التجويفات القديمة التي أجرتها الشركة العامّة لقنوات المياه في لياج Liège، أظهرت، في مجال آخر، أهمّية هذه الأبحاث المتقدّمة.

النقطة الثانية لا تقلّ أهمّية؛ قد يكون من المهمّ فعلاً تنظيم حملات على الصعيد الدولي. هكذا يجدر مثلاً بالبحث الذي نُظّم حديثاً حول مقارع الحديد أن يُتابع ليس فقط

في فرنسا بل أيضاً في كلّ البلدان التي تحتفظ أيضاً بأدوات كهذه. هنا أيضاً يمكننا تقديم الأمثلة الكثيرة.

الوسائل المتوفّرة

لا يسعنا أن نكون هنا بصدد وضع قائمة كاملة بالوسائل المتوفّرة، مهما تكن طبيعتها. يمكننا على الأكثر تقديم بعض الإرشادات حول الطرق المتّبعة، والطرق الواجب اتّباعها في المستقبل.

مراكز الأبحاث

في أماكن عديدة، تمّت إقامة مراكز أبحاث هدفها الوحيد، أو الرئيسي، هو دراسة التقنيات. غالباً ما يجب إجراء نوع من التوفيق، كما نشير إلى أنّ الاتّصالات بين هذه المراكز ما تزال محصورة على الصعيد الشخصي.

ألمانيا: أنشأ اتحاد المهندسين الألمان، ومكانه في دسلدورف Dusseldorf مجموعة ابحاث مختصّة بتاريخ التقنيات.

النمسا: الأوّل هو المعهد النمساوي للأبحاث حول تاريخ التكنولوجيا، تأسّس عام 1931 في ڤيينا، في متحف تاريخ التكنولوجيا.

فرنسا: يوجد الكثير من المراكز وبعضها متخصّص جدّاً. نذكر معهد تاريخ العلوم والتقنيات التابع لجامعة باريس والمؤسّس عام 1932. مركز أبحاث تاريخ العلوم والتقنيات الذي ينتمي إلى المدرسة العملية للدراسات العليا (الشعبة السادسة). كما يحتوي الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن على مركز توثيق لتاريخ التقنيات. أمّا مركز الأبحاث حول تاريخ الصناعة الحديدية فيتبع متحف الحديد، في جارفيل Jarville قرب نانسي. ويرتبط المركز الدولي لدراسة الصناعات النسيجية القديمة، المؤسّس عام 1954، بمتحف الأقمشة التاريخي في ليون.

بريطانيا: إنّ نشاط مؤسّسة نيوكومن Newcomen لدراسة تاريخ الهندسة هو نشاط قديم، وقد أصدرت هذه المؤسّسة العديد من المؤلّفات.

إيطاليا: تأسّس المعهد الإيطالي لتاريخ التقنيات عام 1961 ، ومركزه مدينة ميلانو في متحف تاريخ العلوم والتقنيات.

أوروبا الشرقية: يوجد تقريباً أينما كان فيها معاهد لتاريخ العلوم والتقنيات (ونذكر معاهد بولندا والاتحاد السوفياتي). كما تأسّست فيها مراكز أبحاث حول الثقافة المادّية.

نشير إلى لجنة الصناعة الحديدية القديمة، التي انبثقت عن الاتحاد الدولي للعلوم ما

قبل التاريخية: مركزها في معهد علم الآثار في براغ Prague. لا يمكننا هنا الإشارة إلى جميع مراكز البحث العراقي (الذي يهتمّ بالسلالات البشرية) التي تهمّ أيضاً مؤرّخي التقنيات: نذكر مختبر علم العراقة الفرنسي المتعلّق بمتحف الفنون والتقاليد الشعبية.

يمكننا استخلاص نتيجتين انطلاقاً من هذه اللمحة السريعة. في مادّة تاريخ التكنولوجيا من الحكمة أن نجمع بين مراكز الأبحاث والمتاحف، إذ غالباً ما يكون في الحقيقة من الضروري أن يكون العتاد الذي يقوم عليه قسم كبير من البحث في متناول اليد. من جهة أخرى تُظهر هذه اللائحة القصيرة التي قدّمناها لتوّنا أنّه تمّ تأسيس المراكز تقريباً بالصدفة، من هذه المراكز ما يقوم بمهمّة مزدوجة، كما أنّ هناك مراكز منعدمة الوجود: نذكر التقنيات الزراعية والتقنيات البحرية. من الضروري إنشاء مراكز أبحاث تُعنى بالتقنيات المهمّة، وعندئذٍ باستطاعة التعاون الدولي أن يلعب دوره على الملأ، بهذه الطريقة نتجنّب التشتّت المزعج وهدر الموارد المالية.

المتاحف

لقد أشرنا إلى أهمّية الغرض أو الصورة كمرجع لتاريخ التقنيات، الأغراض والصور نجدها مجتمعة، جزئياً على الأقلّ، في المتاحف والمجموعات. لا يمكن إذن لمؤرّخ التكنولوجيا أن يغفل عن هذه الناحية المهمّة من التوثيق.

من الصعب تصنيف المتاحف حسب الأهمّية التي تمثّلها بالنسبة لتاريخ التقنيات. نقول فقط إنّ بعضها يمكنه عرضياً أن يكون مفيداً لتاريخ التقنيات وإنّ البعض الآخر يمكنه أن يقدّم له إسهاماً على أهمّية، وأخيراً أنّه يوجد متاحف مكرّسة فقط لتاريخ التقنيات أو لتاريخ تقنية معيّنة. عن الفئة الأولى لن نذكر سوى القليل في الحقيقة، لأنّ تناولها يتطلّب الدخول في الكثير من التفاصيل، بعض الأمثلة المحسوسة ستكون كافية لإعطاء الإرشادات العامة القيّمة.

تحتفظ المتاحف الفنّية بعدد كبير من الصور من جهة، ومن الأغراض من جهة أخرى. هناك رسومات أو لوحات، منذ القديم حتّى الفنّ الواقعي للقرن التاسع عشر أو العشرين، غالباً ما تشكّل مرجعاً مهمّاً. ويُعتبر كتاب ر. إيفرار R. Evard حول «الفنّانين ومصانع الحديد» شهادة قيّمة على الفائدة التي يمكن أن نجنيها منها. يجدر هنا أيضاً القيام بتمحيصات، وبجمع النسخ، كما جرى في بعض القطاعات التقنية.

نفس الملاحظات يمكننا وضعها بالنسبة للمتاحف الأثرية، سواء بالنسبة لمواردها الأيقونية التي تمتاز هي أيضاً بما ذكرناه لتوّنا، أم بالنسبة لكلّ أغراض التنقيبات، أدوات وأغراض مصنوعة. تمثّل بعض أقسام هذه المتاحف مجموعات تكنولوجية حقيقية، وكذلك

نرى في بياناتها مراجع من الدرجة الأولى: لا نذكر كمثل أكثر من بعض بيانات متحف سان جرمان Saint-Germain. ومن الممكن منذ الآن أن نضع قوائم بمجموعة الأدوات تكون ذات قيمة لا تُناقش.

كما قد تكون المتاحف المحلّية غنية للغاية، سواء كانت، كما هو الحال بشكل عام في فرنسا، متاحف تغطّي تقريباً كلّ مظاهر الحياة المحلّية في مادّة الفن، التاريخ والآثار، أو كانت، كما في ألمانيا، متاحف تاريخية بحتة. إذن تتضمّن مجموعاتها من أغراض التنقيب الأثري إلى الأغراض الحديثة مجموعة بغاية إبراز التاريخ المحلّي.

من بين المتاحف المختصّة، ينبغي أوّلاً أن نشير إلى متاحف علم العراقة، ونعرف المكان المهمّ الذي تأخذه التقنيات في ما يتعلّق بالبحث العراقي. وقد عرّف ج. هـ. ريفيير G. H. Rivière في أحد مؤلّفاته هذا النوع من المتاحف والدور الذمي تلعبه في عدد كبير من المجالات. وطبعاً الشيء نفسه ينطبق على متاحف علم العراقة العامّة، ومنها متحف الإنسان في باريس وهو أهمّها. وأحياناً بإمكان بعض المجموعات المختلطة أن تلعب دوراً مهمّاً: يخطر على بالنا بصورة خاصّة متحف البعثات في سان جان دي لاتران Saint-Jean-de-Latran في روما وهو غني بدرجة كبيرة.

لم يكن بالإمكان هنا وضع قائمة بكلّ هذه المتاحف، إلاّ أنّه من المفيد إصدار مرشد كامل قدر الإمكان بغية توجيه أبحاث لم يُشرع بها بسبب غياب خيط رابط دون شك. يجب أن نركّز انتباهنا لذلك على المتاحف التي تشكّل التقنيات موضوعها الأساسي، ولا ندّعي أنّ لائحتنا التالية تذكرها جميعاً، يجدر أن نذكر أهمّها وأن نقدّم إلى جانبها عيّنة قادرة على توجيه من أراد البحث. بالإضافة إلى هذا، لدى المتاحف العامّة غالباً لوائح أكثر اكتمالاً: بدأ القيام بجردات سوف تتوسّع تدريجياً.

يوجد متاحف تهتم بالتقنيات ككلّ، وغالباً ما تكون مرتبطة بمتاحف تاريخ العلوم، لن نقدّم هنا سوى معلومات عن أهمّها.

ألمانيا: Deutshes Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und der Technik وقد تأسّس عام 1903 في ميونيخ.

النمسا: Technisches Museum für Industrie und Gewerbe، تأسّس عام 1908 ومركزه ڤيينا.

الدانمارك: Tekniske Museum.

الولايات المتّحدة: مؤسّسة Smithsonian Institution في واشنطن.

فرنسا: متحف الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن، لقد سبق أن قلنا إنّ أصله يعود إلى مجموعة نماذج فوكانسون Vaucanson، فبعد أن دامت لفترة طويلة أداة توثيق وقياس، أصبحت شيئاً فشيئاً أغراضاً للمتحف.

بريطانيا: متحف العلوم Science Museum، في لندن.

إيطاليا: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica، في ميلانو.

النروج: المتحف التقني ومركزه أوسلو.

السويد: Tekniska Museet، في ستوكهولم.

تشيكو سلوفاكيا: المتحف التقني في براغ.

الاتحاد السوفياتي: متحف التقنية، في موسكو.

في معظم الحالات، نشرت مختلف هذه المتاحف عدداً من البيانات والفهارس، وهذه الفهارس تمثّل غالباً تقنيات محدّدة. أما فهارس متحف العلوم في لندن فتتجاوز مجرّد وصف المجموعات وتشكّل في الحقيقة نوعاً من كتب صغيرة عن تاريخ التقنيات المذكورة، هذا المتحف تأسّس عام 1857 وهو بالنهاية صاحب أطول خبرة في المجال.

وهناك عدد من المتاحف المكرّسة لتقنية معيّنة، لمجموعة تقنية معيّنة، إنّها دون شك الأغنى والأهمّ. في الواقع، كلّما كان موضوعها محصوراً، حاولت هذه المتاحف أن تقدّم التقنية التي تختصّ بها على أكمل وجه ممكن. بينما غالباً ما تكوّنت المتاحف الكبيرة من مجموعات أو أغراض موضوعة جنباً إلى جنب، دون الاهتمام بتعميم وتوسيع التمثيل، غالباً أيضاً ما حاولت هذه المتاحف الكبيرة أن تجمع ما هو فوق العادي. للمتاحف المتخصّصة ميزة أخرى، ففيها لا تعرض التقنيات معزولة، بل ضمن إطارها التاريخي، الاجتماعي والاقتصادي. سوف نحصر الذكر ببعض الأمثلة، مقدّمين المتاحف المزوّدة أكثر، دون أن نعود بالطبع إلى ذكر الأقسام المتخصّصة في المتاحف العامّة.

الزراعة: فيما خلا متحف الزراعة في بودابست، لا يوجد متاحف كبيرة حول تاريخ الزراعة، إذ يوجد في هذا المجال فراغ كبير.

المناجم: يوجد متحف للمناجم في ألمانيا في بوشوم Bochum، ومتحف صغير للمناجم في سانتتيان Saint-Etienne في فرنسا. وقد حُوّلت بعض الاستثمارات القديمة إلى متاحف: منها مثلاً في السويد، وأهمّها متحف فالون Falun. نذكر أيضاً مناجم الملح في فيليسكا Wieliscka في بولندا.

الفن العسكري: تمّ في العديد من الأماكن إقامة متاحف للجيش، أو للحرب. رغم كونها موجّهة بشكل خاص نحو تاريخ الجيوش فإنّ هذه المتاحف تحتفظ غالباً بعتاد عسكري غني، على الأقلّ انطلاقاً من القرن الخامس عشر، سمح بوجود الكثير من المؤلّفات حول التقنيات العسكرية. وقد كان الأمر أشدّ كتماناً فيما يخصّ فن التحصين، وهو فن أصعب للتخيل فعلاً ولكنّه قد يتيح لنا التعرّف إلى نماذج هندسة معمارية للاستعمال.

وسائل النقل: لا يوجد شيء بالنسبة لوسائل النقل ككل، لكن هناك قطاعات ممثّلة بشكل جيّد. فتقريباً في جميع البلدان التي عرفت توجهّات بحرية يوجد متاحف خاصّة بهذا الموضوع، حتّى أنّ هناك عدّة متاحف في بلد واحد، وهي إن كانت بمعظمها مكرّسة للحربية البحرية فإنّها لم تهمل أبداً البحرية التجارية. نذكر متحف آلبينغا Albenga لمكرّس لاكتشافات تنقيبات الأعماق البحرية، ومتحف باريس ومتحف غرينويتش Greenwich في انكلترا الغنيّين جدّاً بالتصاميم والوثائق من كلّ نوع. أمّا وسائل النقل البرّية فهي ممثّلة بصورة أقلّ؛ يوجد بعض متاحف سكك الحديد، في أوترخت Utrecht في هولندا، وفي ستورهامار Storhamar في النروج (1896)، ومتحف مولهاوس أو مولوز (Mulhouse) في فرنسا. ولا يوجد أي متحف كبير للسيارات، بل هناك مجموعات خاصّة ـ كمجموعة فورد أو مجموعة فيات ـ غنيّة جدّاً، وكمّية من المجموعات الصغيرة المحدودة التي يشكّل جمعها سويّة متحفاً كبيراً ومفيداً. كذلك لا يوجد حتّى الآن متحف للطيران من حقّنا أن ننتظره: المجموعات الباريسية تنتظر البناء الذي سيستوعبها ويسمح بتقديمها.

الصناعات الزراعية: يوجد بعض المتاحف المتخصّصة بنشاطات زراعية معيّنة على أحجام مختلفة. الاهتمام الأكبر موجّه نحو النبيذ دون شكّ؛ هناك الكثير من متاحف النبيذ حتّى في البلد الواحد أحياناً. أكبر المتاحف المعروفة هي متحف البون Beaune في فرنسا، متحف سبيره Spire في ألمانيا ومتحف كريمس Krems في النمسا. أمّا مجالات الزراعة الأخرى فقلّما هي ممثّلة عبر متاحف متخصّصة، من المتاحف الفرنسية نذكر متحف التبغ في بيرجراك Bergerac، متحف الزيتونة l'Olivier في كاني سورمير Cagnes-sur-Mer ومتحف الجبنة في أوفيرج Auverge. تقريباً لا شيء فيما يخصّ صيد الأسماك، الغابات أو تربية الحيوانات.

صناعات مختلفة: إنّها ممثّلة بصورة أفضل ولكن أيضاً جزئية وغير كاملة.

بالنسبة للصناعة النسيجية نذكر متحف الصناعات النسيجية في ليون Lyon، وهو الأهمّ في هذا المجال، متحف النساجة في تروا Troyes، ومتحفاً للحبك والتسريد في الدانمارك.

الصناعة الحديدية ممثّلة في متحف الحديد في جارفيل Jarville قرب نانسي، وقد حاول أن يعرض التقنيات ضمن إطارها البشري، التاريخي والاقتصادي. نشير إلى متاحف صناعة السكاكين في سولانجين Sollingen في ألمانيا وفي لانغر Langres.

صناعة الساعات معروضة جيّداً في بيزانسون Besançon.

بالنسبة لصناعة الزجاج يجدر ذكر متحف الزجاج في مورانو Murano في إيطاليا، ومجموعة مركز الزجاج Corning Glass Center الكبيرة والمهمّة في ولاية نيويورك.

صناعة الأحذية معروضة في بضعة صالات في فوجير Fougères وروما ن Romans في فرنسا.

بالنسبة للتصوير الفوتوغرافي، هناك مجموعات كبيرة لدى إيستمان ـ كوداك Eastmann-Kodak، في روتشستر Rochester في الولايات المتّحدة، ومتحف ما يزال متواضعاً في الضاحية الباريسية وكذلك متحف شالون سورساوون Chalon-sur-Saône.

لم نقدّم هنا أكثر من عيّنة بسيطة ويمكن إكمال اللائحة بسهولة، فكما نرى هناك الكثير من الصناعات المهمّة غير الممثّلة، وإذا كان بعضها، كالصناعة الكيميائية مثلاً، يصعب أن يكون مادّة للعرض المتحفي ـ الجغرافي، فهناك قسم آخر نأسف لعدم رؤية متحفه إلى الآن. فهل بإمكاننا الانتظار؟

المكتبات والمحفوظات

نفس القول والتمييزات تنطبق على المكتبات والمحفوظات. هناك مؤسّسات ذات اتّجاه عام كالمكتبات الوطنية والمحفوظات الوطنية التي كانت طبيعياً أوّل ما رجعنا إليه. أمّا المراكز المتخصّصة فيقلّ عددها في هذا المجال.

بالنسبة للمكتبات، يجب أوّلاً الإشارة إلى المكتبات التي جمعتها مراكز البحث التي تكلّمنا عنها أعلاه، والشيء نفسه بالنسبة للمكتبات التي شكّلتها المتاحف المختصّة وبعضها غني جدّاً. المكتبات المتخصّصة بمجال معيّن هي قليلة جدّاً، إلاّ أنّ هناك مكتبة استثنائية من حيث موضوعها المحدّد جدّاً وكمّية الوثائق التي تحتويها: إنّها مكتبة الحديد في شافهاوس Schaffhouse، في سويسرا.

هناك مكتبات تقنية تلتحق بشكل عام بمؤسّسات للتعليم التقني مثل مكتبة الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن في باريس. وكلّما كانت هذه المكتبات قديمة تكون مجموعاتها بالطبع أكبر. يمكننا أيضاً ذكر مكتبات بعض الجمعيات كجمعيات المهندسين أو المنتجين، ونشير بالنسبة لفرنسا إلى المكتبة الغنية التابعة إلى جمعية المهندسين المدنيين

لكن هناك أيضاً مكتبة الجمعية الوطنية لتطوير الصناعة فهي كبيرة جدّاً لكنّها تتعرّض لإهمال مخز. لا يجدر بمسؤولي هذه المؤسّسات، بحجّة التخلّص ممّا هو لاغ، أن يرموا وثائق يصعب غالباً التعويض عنها.

نفس الملاحظات يمكننا إبداؤها في ما يتعلّق بالمحفوظات، يجدر أوّلاً التمييز بين المحفوظات العامّة والمحفوظات الخاصّة. الأولى هي مهمّة جدّاً من حيث إنّ المؤسّسات العامّة تهتمّ بالمسائل التقنية إمّا لأنّها تستعمل هي نفسها هذه التقنيات، إمّا بهدف الحماية وإمّا للحثّ على التجديد بغاية دعم الانتشار الاقتصادي. المحفوظات العسكرية، محفوظات الجسور والطرقات، ومحفوظات المؤسّسات التي تسلّم البراءات نوردها كفئة أولى. ويمكننا تأليف الفئة الثانية من محفوظات وزارات المناجم، الصناعة، والزراعة. أمّا الفئة الأخيرة فتتضمّن محفوظات كلّ إدارات الدولة تقريباً. حتّى لو لم يكن هناك من مخاوف بالنسبة لحماية هذه المحفوظات، يجب التركيز على فهرستها وعلى أهمّية وضع كتب مرشدة للأبحاث كما تمّ في مجالات أخرى.

مسألة المحفوظات الخاصّة هي أصعب نوعاً ما، وتبدو في بعض الحالات مقلِقة. بالمحفوظات الخاصّة نقصد بشكل خاص محفوظات الشركات، وقد تكون محفوظات الشركات التقنية متعلّقة بوثائق تبدو للوهلة الأولى بعيدة عن الناحية التقنية: هكذا مثلاً المحاسبات، لكنّنا نجد فيها كلّ ما يتناول تطبيق وتكييف وإتقان التقنيات التي تعتمدها الشركة. تُعتبر كذلك مهمّة، وحديثة، محفوظات دوائر البحث التي بدأت تظهر عند نهاية القرن التاسع عشر، هنا تُعرض التقنية بصورة أقلّ عزلة منه في مكان آخر لأنّنا نجد في هذه المحفوظات كلّ المحيط البشري للتقنية، مع العمّال، وكلّ إطارها التجاري، الاقتصادي، المالي، إلخ... إذن أن لا نهتمّ إلاّ بالمحفوظات التقنية البحتة هو خطأ فادح؛ يجب أيضاً تناول مسألة محفوظات الشركات والمؤسّسات. منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، تبذل الجهود المختلفة في العديد من البلدان، إلاّ أنّه يجدر تعميمها ومنهجتها. نشير أيضاً إلى محفوظات جمعيات المنتجين، وبعضها قديم جدّاً، فالمسائل التقنية تأخذ فيها أحياناً مكاناً لا يُستهان به.

برتران جيل

البيبليوغرافيا العامّة

لم يكن بالإمكان أن نكرّر البيبليوغرافيا عند نهاية كلّ فصل، لهذا اخترنا أن نجمعها هنا وسيكون على القارىء أن يعود إليها بالنسبة لكلّ العصور أو للكثير منها. وقد وزّعنا هذه البيبليوغرافيا تبعاً لمجموعات منطقية بغية تسهيل العودة إليها.

البيبليوغرافيات العامة

وهي مفيدة للغاية، خاصّة عندما تكون انتقائية وتتضمّن ملاحظات حول الأعمال الواردة فيها. مشكلتها الوحيدة هي في أنّها تصبح لاغية بسرعة نوعاً ما.

فيرغسون، E.S.Ferguson، «بيبلوغرافيا تاريخ التكنولوجيا»، كامبردج، 1968, M.I.T، إنّها بيبليوغرافيا تتعلّق بالعقود الأخيرة.

روسّو Fr. Russo، «عناصر بيبليوغرافيا تاريخ العلوم والتقنيات»، الطبعة الثانية، باريس، 1969. وفيها المواد موزّعة حسب العصور والقطاعات الكبيرة.

سارتن G. Sarton، «مدخل إلى تاريخ العلوم»، بالتيمور، 1927-1948، ثلاثة أجزاء بخمسة مجلّدات. هذه البيبليوغرافيا الكبيرة تغطّي أيضاً المؤلّفين التقنيين، وهي تذهب منذ بدء البشرية حتّى العام 1400 بعد الميلاد.

من الطبيعي أيضاً أن نراجع البيبليوغرافيات المتداولة في مجلاّت تاريخ العلوم والتقنيات الكبيرة، وحتّى أيضاً في المجلاّت التاريخية العامّة.

المجلات الكبيرة

هنا أيضاً يجدر أن نحدّد، فهناك نواح عديدة لمسألة المجلاّت.

بدأت المجلاّت التقنية البحتة ظهورها في بداية القرن التاسع عشر، وأصبحت مصدراً مهمّاً لتاريخ التقنيات. من المهمّ أن نضع لائحة نقدية بأسمائها، وقد سبق أن أشرنا إلى هذا الأمر.

من الطبيعي أن تهتمّ مجلاّت التاريخ العامّة عرضاً بمسألة تاريخ التقنيات. نفس الشيء بالنسبة لنوعين آخرين من المجلاّت: مجلاّت التاريخ الاقتصادي من جهة، ومجلاّت تاريخ العلوم من جهة أخرى. وقد وردت هذه الأخيرة في بيبليوغرافيا روسّو Russo.

إذن لن نذكر هنا سوى المجلاّت التي يشكّل تاريخ التقنيات موضوعها الأساسي.

ألمانيا: «Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik»، لايبزيغ، 1908-1931. وقد تناولتها مؤخّراً من جديد: «Zeitschrift für Geshichte der Naturwissenschaftne, Technik und Medizin»، لايبزيغ، منذ 1960.

«Beiträge zur Geschichte der Technik und der Industrie»، التي أصدرتها ماتشوس Matschoss في برلين، من 1909 إلى 1928، ثمّ أخذتها مجلّة لاحقة.

النمسا: «Blätter für technikgeschichte»، فيينّا، منذ 1932.

فرنسا: «Thalès» وهي تتبع منذ 1934 معهد تاريخ العلوم والتقنيات في جامعة باريس.

«التقنية والحضارة»، مجلّة صدرت في سان جرمان آنلاي Saint-Germain-en-Laye بين 1950 و 1956.

«وثائق حول تاريخ التقنيات» التي أعدّها مركز توثيق تاريخ التقنيات في الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن. بعد ظهور عددين منها، أصبحت تشكّل منذ العدد الثالث أحد الأعداد السنوية من «مجلّة تاريخ العلوم».

«مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، نانسي، منذ 1960، وأصبحت، عام 1969، «مجلّة تاريخ المناجم والصناعة المعدنية».

الولايات المتّحدة: «مقالات من متحف التاريخ والتكنولوجيا، مؤسّسة Smithsonian»، واشنطن، منذ 1945. مجلّة دراسات تختص بالتقنيات والاختراعات ومنها دراسات قيّمة جدّاً.

«التكنولوجيا والحضارة» وقد ظهرت عام 1959 وهي تتبع مؤسّسة تاريخ التكنولوجيا.

بريطانيا: «Transactions of The Newcomen Society»، لندن، منذ 1922، وهي أقدم مجلّة دورية مختصّة بتاريخ التقنيات، كما أنّها تنشر بانتظام بيبليوغرافيات مهمّة.

هنغاريا: «Technikatörtenet Le Szmle» التي تصدر في بودابست منذ 1963.

إيطاليا: «Le Macchine»، ميلانو، منذ 1968، وهي تابعة للمتحف الوطني لتاريخ العلم والتقنية.

تشيكوسلوفاكيا: «Agricultura»، نشرة عن متحف نيترا Nitra، منذ 1962.

«Sbornik Narodniho Tecknikeho Museo»، نشرة عن متحف التقنيات في براغ، منذ 1955.

كتب التاريخ العامة الكبيرة

يوجد كمّية كبيرة من المؤلّفات التي تتناول التطوّر العام للتقنيات منذ بدء البشرية حتّى أيامنا، لكنّنا سنحصر لائحتنا بالأعمال الأهمّ.

س. سينغر، ج. هولميارد، أ. ر. هول C. Singer, E.J. Holymard, A.R. Hall

ومعاونوهم، «A History of Technology»، أوكسفورد، خمسة مجلّدات، 1954-1958. داخل بعض الفترات الزمنية الكبيرة، التي يتحمّل تقسيمها بعض الانتقاد، يتوزّع الموضوع قطاعات تقنية، والبيبليوغرافيات موسّعة جدّاً. لقد استخلصنا من هذا العمل الضخم ما يلي:

ت. ك. ديري T.K. Derry و ت. وليامس T.I. Williams، «لمحة تاريخية عن التكنولوجيا من القدم حتّى 1900»، نيويورك - أوكسفورد، 1961.

م. دوما M. Daumas ومعاونوه، «التاريخ العام للتقنيات»، باريس، ثلاثة مجلّدات من أصل أربعة مُنتظرة، 1962-1968.

أ. سويريكن A.A. Sworykin، ن. أوسموڤا N.I. Osmowa، ف. تشيرنيشو W.I. Tschernyschew و ج. شو شاردين J.W. Schuschardin, «Geschichte der Teknick» لايبزيغ، 1964. وهو ترجمة ألمانية للكتاب الذي صدر بالروسية عام 1962.

وهناك بعض الأعمال المقتضبة السريعة ولكنّها تقدّم أفكاراً مهمّة.

ر. ج. فوربس R.J. Forbes، «Man The Maker» تاريخ التكنولوجيا والهندسة، نيويورك 1950.

ف. كليم F. Klemm, «Technik, eine Geschichte ihrer Probleme»، ميونيخ، 1954.

ف. كليم F. Klemm, «Kurze Geschichte der Technik» ، بال Bâle، 1961. وقد تُرجم إلى الفرنسية عام 1966.

م. كرانزبرغ M. Kranzberg وس. بورسيل C. W. Pursell، «التكنولوجيا في العالم الغربي»، أوكسفورد، 1967. يُظهر لنا العنوان أنّ الكتاب يغطّي منطقة جغرافية محدّدة، كما نشير إلى أنّه لا يتناول سوى القرون الأخيرة.

ج. نيف J. Nef، «الدخول إلى العالم المادّي»، شيكاغو، 1964، وهو مجموعة دراسات تغطّي بعض المجالات التقنية في القرون الوسطى حتّى نهاية القرن الثامن عشر.

يجب أن ندرج ضمن هذه الفئة مؤلّفات مهمّة لا تتناول سوى فترة محصورة من الزمن:

ف. م. فيلدهاوس F.M. Feldhaus, Die Technik der Vorzeit، الطبعة الأخيرة، ميونيخ، 1965. يتناول هذا المؤلّف، المدرج تحت شكل قاموس، فترة تتراوح بين عصر القدماء الكلاسيكيين والعام 1800.

أ. أو شيلّي «Storia della Tecnica dal Mediœvo ai giorni», A. Ucelli ميلانو، 1943.

بينما يقلّ عدد الأعمال التي تعالج تاريخ التقنيات في بلد معيّن، ومن أهمّها نذكر:

أ. فورتي «Storia della Tecnica italiana», U. Forti،» فلورنسا، 1940، وهو مؤلّف موجز نوعاً ما.

ج. نيدهام J. Needham ومعاونوه، «العلم والحضارة في الصين»، كامبردج، سبعة مجلّدات، 1954-1971. إنّه عمل متقن يتناول مظاهر عديدة من الحضارة الصينية وقد خصّص مكاناً كبيراً للتقنيات.

مؤلّفات خاصّة ببعض التقنيات

إنّها تمثّل جزءاً مهمّاً من البيبليوغرافيا العامّة للتقنيات. اللائحة التالية تُظهر أنّ الكثير من العمل ما زال بالانتظار وأنّه غالباً ما نجد أنفسنا إزاء مؤلّفات لا تخلو من القيمة طبعاً ولكن تترك القارىء على بعض من عطشه. إنّنا مزوّدون أكثر بمؤلّفات حول التقنيات في عصر محدّد وسيجد القارىء الإشارة إليها عند نهاية كلّ فصل.

I - استغلال الموارد الطبيعية

لا نملك حول تاريخ الزراعة سوى عمل لا يجب أن يغرّنا حجمه: ما زلنا بانتظار تاريخ تقني للزراعة.

أ. سافوا E. Savoy ومعاونوه، «الزراعة عبر الزمن»، باريس، أربعة مجلّدات، 1935-1952.

وهناك مؤلّفات ذات موضوع محصور، لكنّها تقدّم عناصر مهمّة جدّاً:

أ. ج. أودريكور A.G. Haudricourt و م. جان - برون - دي لامار M. Jean-Bruhnes-Delamarre، «الانسان والمحراث»، باريس، 1955، مع بيبليوغرافيا كبيرة وتامّة.

يمكن أن يشكّل تاريخ منتوج معيّن مادّة دراسات غنية، لن نذكر هنا سوى عملين، الأوّل زراعي والآخر معدني:

أ. فون ليبمان «Geschichte des Zuckers», E. O. von Lippmann ، برلين، 1929.

كما يمكننا ذكر عمل محصور من حيث المكان:

ر. ديون R. Dion، «قصّة الكرمة في فرنسا»، باريس، 1959.

ج. جيرو G. Girault، «تاريخ الخضروات»، باريس، 1912.

أ. موريزيو A. Maurizio، «تاريخ التغذية النباتية»، باريس، 1932، مهمّ بالنسبة لطرق الطبخ ولأصل النباتات المزروعة (مع بيبليوغرافيات كبيرة).

في مجالات أخرى:

أ. شنايدر E. Schneider، «الفحم»، باريس، 1945.

أ. توماري A. Thomazi، «تاريخ صيد الأسماك»، باريس، 1947.

II ـ الصناعة الثقيلة

ربّما كانت أكثر تعرّضاً للدراسة، على الأقل في بعض مظاهرها. ما زال أمامنا الكثير ممّا يجب فعله. سنذكر أوّلاً عملاً عامّاً:.

ت. ريكار T. Rickard، «الانسان والمعادن»، باريس، 1941. للأسف لم تنقل الطبعة الفرنسية ما تحتويه الطبعة الأميركية من بيبليوغرافيا كبيرة.

دون شك كانت الحصّة الكبيرة للصناعة الحديدية، وسنذكر هنا ثلاث دراسات: الأولى، وهي قديمة، مهمّة من حيث كمّية المعلومات التي تتضمّنها، الثانية تقنية بكل معنى الكلمة، والثالثة حديثة وعامّة.

ل. بيك Beck، «Geschichte des Eisens»، براونشفايغ Braunschweig 1891-1897، ثلاثة مجلّدات.

أ. جوهانسن O. Johanssen، «Geschichte de Eisens»، الطبعة الثالثة، دسلدورف، 1954.

ب. جيل B. Gille، «تطوّر التقنية الحديدية، نظرة إجمالية»، ضمن إطار «مجلّة تاريخ المناجم والصناعة المعدنية»، II(1970)، ص. 121-226.

يجب الاعتراف بأن باقي الصناعات ليس لديها بعد سوى دراسات أحياناً قديمة، ودائماً موجزة، نذكر منها:

أ. بلانشيه، «دراسة حول تاريخ الورق»، باريس، 1900.

و. اندري W. Endrei، «تطوّر تقنيات الغزل والنسيج منذ القرون الوسطى حتّى الثورة الصناعية»، باريس، 1968. ويقدّم هذا العمل عناصر مهمّة جدّاً لتاريخ التقنيات النسيجية.

ر. ج. فوربس R.J. Forbes، «لمحة عن تاريخ فنّ التقطير»، ليد Leyde ، 1948.

س. باج، C. Page، «صناعة السكاكين منذ بدء البشرية حتّى أيامنا»، شاتلّوروه 1896-1904, Chatellerault، ستّة مجلّدات.

III ـ الأدوات والآلات

إنّ تاريخ الأدوات، وهو على أهمّية لا يُستهان بها، ما زال ينتظر من يضعه، إلاّ أنّ هناك بعض المحاولات التي لفتت إلى مدى هذه الأهمّية، نذكر منها:

س. فريمون C. Frémont، دراسات مختلفة حول الأدوات وبعض الأواليات، أصدرتها

مؤسّسة التشجيع، وهي تشكّل مادّة وثائقية قيّمة جدّاً.

ب. فيلير P. Feller و ف. توريه F. Tourret، «الأداة»، بروكسل، 1970. وهو عمل موجّه للجمهور العريض، تملؤه الصور والرسومات. كما أنّه يتضمّن أفكاراً وإشارات مهمّة.

ج. تشايلد G. Childe، «تاريخ الأدوات»، لندن، 1944.

وهناك القليل من الدراسات التي كُرّست لأدوات تقنية محدّدة:

ل. غودمان W. L. Goodman، «تاريخ أدوات النجارة»، لندن، 1964.

بينما كانت الآلات ومنذ وقت بعيد موضع اهتمام أكبر من قبل الباحثين، ولدينا حول هذا الموضوع مؤلّفات مفيدة جدّاً رغم أنّها ليست كاملة.

ت. بيك Th. Beck, «Beiträge zur Geschichte des maschinenbaues»، الطبعة الثانية، برلين، 1899. هذا العمل الرائد في هذا المجال مكرس للمؤلفين الذين كتبوا عن الآلات أكثر منه للنتائج الحاصلة.

أ. ب. أوشر A.P. Usher، «تاريخ الاختراعات الميكانيكية»، الطبعة الثانية، هارڤرد، 1954. كان لهذا الكتاب صدى بعيد، وقد استقى معلوماته من الكتب التقنية الموجزة كما من الواقع الصناعي القائم. وهو يبرر مسألة قد لا تكون كلّياً مقنعة ولكنّها تلفت إلى مشاكل أساسية.

في مجال خاصّ أكثر نذكر:

ل. رولت L. T. C. Rolt، «لمحة تاريخية عن أدوات الآلات»، كامبردج، 1965 ،M.I.T..

ويوجد في مجالات محدّدة أكثر أيضاً كمّية من المؤلّفات قد تكون مفيدة بالنسبة لمؤرّخ التقنيات، وهي طبعاً متفاوتة الأهمّية. نذكر منها اثنين:

أ. شابوي A. Chapuis و أ. جيليس E. Gelis، «عالم الأجهزة الأتوماتيكية»، باريس، 1928، مجلّدان. عمل أساسي بالنسبة لمرحلة تكوّن بعض الأواليات.

ت. ب. كاس T.P. Cuss، «قصّة الساعات»، لندن، 1952.

سيفهم القارىء بسهولة أنّه من المحال وضع بيبليوغرافيا تامّة هنا، فهي بحاجة إلى مجلّدات تستوعبها. من ناحية أخرى، بإمكان مراكز الأبحاث والبيبليوغرافيات العامّة التي ذكرناها أن تعطي إرشادات كاملة أكثر. فقط أردنا أن نقدّم توجيهاً عامّاً وكذلك أن نُظهر كم هو كبير حجم الثغرات في مجال تاريخ التقنيات: نعود ونكرّر أنّ الجهود الدولية وحدها قادرة على تزويد معرفتنا بالتطوّر التقني معلومات ما تزال تنقصها.

الباب الثاني

التكنولوجيا والحضارات

الفصل الأول

جذور التكنولوجيا

كثيرة العدد هي الأعمال التي أُلّفت حول جذور التقنيات، فقد انكبّ العلماء المختصّون بعصور ما قبل التاريخ وكذلك الفلاسفة والتقنيون على مسألة اعترفوا جميعاً بصعوبة حلّها. وقد أتت فوق هذا نتائجهم متنوّعة، متناقضة أحياناً وتضع القارىء في شكّ وحتّى في حيرة من أمره. إلاّ أنّنا نطمئنه ونلفت إلى أنّ فصلنا هذا لن يتطرأ إلى تفسير جديد، بل كل ما يريد القيام به هو نوع من التصنيفات ووضع ترتيب معيّن للأفعال والأحداث، وهكذا نأمل أن نصل إلى اكتشاف الملامح الأولى لمنطق تطوّري للتكنولوجيا. وتبدو المحاولة ملحّة أكثر بسبب اكتشافات جديدة بلبلت معلوماتنا حول جذور البشرية نفسها.

الحلول الجاهلة

والمقصود هنا ليس الحلول الخاطئة، إنّما حين انكبّ الإنسان على دراسة مصادر التكنولوجيا ولم يستطع إيجاد الخيط الرابط ارتدّ إلى تفسيرات تضع هذه الجذور خارج إطارها البشري. يجب أوّلاً القول إنّ التقنيات ليست جميعها خالدة أو أزلية، لنأخذ مثلاً الآلة الأساس في النشاط التقني وهي الأداة؛ نلاحظ طبعاً أنّ الأدوات تتطوّر وتبعاً لميول يمكن دراستها تماماً، لكنّ هناك أدوات تختفي: فالقبضة الصوانية المنحوتة لم تعد موجودة في حضاراتنا الحديثة كما اختفى المثقب ذو القوس، منذ عشرين سنة، من فهرس مصنع سانت ايتان (Saint-Etienne)، حتّى أنّ مهناً بحدّ ذاتها قد اختفت تقريباً: لم نعد نجد البيطري في الكثير من قرانا.

منذ حوالي القرن تقريباً بوشر بإعادة تركيب تقنيات العصور البشرية الأولى. ونفهم أنّه لنقص في المعرفة المتواصلة فإنّ أوّل من تكلّم عن تاريخ التكنولوجيا بحث عن الشواهد القديمة في عوالم خارجية، لا سيّما في اثنين منها: هبات الآلهة ثمّ جاء بعدها بكثير دور تقليد الطبيعة.

هبات الآلهة

إنّ ميتولوجيا (علم الاساطير) التقنيات غزيرة جدّاً لكنّها متفاوتة الانتشار، فهي توجد في الديانات متعدّدة الآلهة وبدرجة قليلة في الديانات التوحيدية؛ نجدها عند الإغريق، وبنسبة أقل عند الرومان وتنعدم تقريباً لدى العبريين. لقد كان الإغريق ينسبون شغل المعادن إلى أحد آلهتهم: إيفايستوس Hephaestus والعبريون إلى رجل من ذرّية قايين هو توبالقايين. سوف يقتصر هذا القسم على الميتولوجيا اليونانية لأنّها الأغزر بهذا الشأن والمدروسة دون شك بالصورة الأفضل.

نشير، كما سبق لغيرنا أن فعل، إلى استعمال بعض الألفاظ، المتقاربة أحياناً، ومدلولها العميق. إنّ كلمة «تكني» Téchnè تدلّ قبل كلّ شيء على نشاط عملي، يدوي ومادّي، وهي توحي بالنسبة لهوميروس بفكرة «هبة من السماء». أما ب. ميشيل P.-H. Michel فيرى أنّ العلم قبل القرن السادس قبل الميلاد لم يكن يُميّز عن التكنولوجيا وأنّ التكنولوجيا (شيء إلهي) تتعلّق بدورها بمصادرها الدينية. لنذكر أيضاً «الميتيس» Métis وهي أحد أشكال الذكاء التطبيقي، ونذكّر بأنّ ميتيس هي والدة أثينا Athéna. ومذ ذاك ترتسم التسلسلات التي تُدخِل الآلهة، أنصاف الآلهة والأبطال القريبين جدّاً من البشر.

ضمن مجموعة الآلهة، نجد اثنين، يتعلّق الواحد منهما كثيراً بالآخر، لعبا دوراً مهمّاً في مجال نقل بعض التقنيات إلى الإنسان وهما أثينا وإيفايستوس.

عن أثينا قلنا إنّها إبنة ميتيس، ما يقرّبها من النشاطات العملية التي تتطلّب شكلاً من أشكال الذكاء. بسبب غيرتها من ديميتر Demeter الذي يُفترض أنّه اخترع القمح، تصوّرت أثينا آلة المحراث البسيط ووهبتها لمنطقة أتيكا Attica في اليونان، إلاّ أنّ هناك من يقول إنّ امرأة تُدعى مورميكس Murmix قد سرقت منها هذه الفكرة، وهنا نجد واحد من الأمثلة الكثيرة عن سرقة ممتلكات الآلهة. بالنسبة لـ ج. ب. فيرنان J.-P. Vernant تمثّل أثينا القدرة المتحوّلة إلى العمل في الأرض وبشكل خاص إلى الحراثة وفعلها المثمر. يمكننا القول إذن إنّه من ديميتر إلى أثينا انتقلنا من مفهوم القطاف إلى مفهوم الزراعة. «تتناول أثينا بصفتها قدرة مزوّدة بالمهارة اليدوية والذكاء التطبيقي: إنّها تصنع الآلة، أي الغرض التقني الذي سيسمح بحصاد قمح ديميتر بصورة أسهل». أثينا هي قدرة تقنية فعلاً.

أثينا هي كذلك ربّة النسيج، فهي لم تصنع مشمالها الجميل وحسب، بل أيضاً علّمت باندورا Pandora، هذه المخلوقة التي جاءت نتيجة عمل إيفايستوس وأثينا، فنّ صنع الأقمشة. ومن السهل أن نستعرض كلّ نشاطات أثينا التي تجعل منها قوّة متعدّدة الكفاءات. إنّها في الواقع ربّة حرب وكلّ ما يمتّ إلى الأسلحة بصلة ليس غريباً عنها، الشيء نفسه

بالنسبة لفنون النجارة، ومع نسيج الأقمشة والشغل بالخشب نصل إلى مجال السفن. أوليس Ulysses استفاد من كلّ هذا. أليست أثينا، في النهاية، هي من سمح لبيلّيروفون Bellerophon أن يسيطر بفضل الشكيمة على بيغاسوس Pegasus؟ بعد ذلك نرى التقنيات يرتبط بعضها ببعض وتصبح متكاملة، مثلاً الجواد وهو حيوان للحرب كما للزراعة. أثينا هي فعلاً في وضع من تصوّر نظاماً تقنياً حقيقياً وعهد به، بإرادة أو بغير إرادة، للبشر.

وماذا نقول عن إيفايستوس، الإله التقني بامتياز، الذي تصوّر الشغل بالمعدن بواسطة النار. من جهة أخرى نعرف كم بقيت الحدادة تبدو كنشاط سرّي، يحوطه السحر تقريباً، فحتّى في القرن الثالث عشر، كان يُقال إنّ الحدّاد بيسكورنيه Biscornet الذي صنع مفاصل النوتردام في باريس، قد باع روحه للشيطان كي يحصل على التقنيات الضرورية لإنجازه. الحضارات البدائية، الحضارات القديمة والحضارات التقليدية لطالما نسبت إلى الحدّاد قدرات فوق طبيعية نوعاً ما. فالنار وتحوّلات المواد من حجر إلى معدن هي أمور بقيت طويلاً غير مفهومة.

لقد اشتغل إيفايستوس بكلّ المعادن، وتدلّنا على هذا كلّ الأعمال التي نُسبت إليه: أقراط هيرا Hera وتاج باندورا تظهره لنا صائغاً ممتازاً، ترس أشيل Achilles ودرع كلّ من ديوميد Diomede وهيراكليس Heracles تجعل منه صانع أسلحة برونزية. بالإضافة إلى هذا، اشتغل بالخشب وبالجلد: فقد صنع عربات للقتال وإسراجات للخيول.

في نظام تقني معيّن، يبدو إيفايستوس إذن كقدرة مكمّلة لقدرة أثينا، والاثنان يمثّلان تقريباً كلّ النشاطات التقنية في الأزمنة القديمة. لا بل أكثر من هذا، فإيفايستوس كان نوعاً ما خالق إنسان آلي وأكثر لأنّه منحه الحياة. وقد قام غالباً بهذه الابتكارات بالاشتراك مع أثينا: القواعد ذات القوائم الثلاث التي كانت تذهب بنفسها (أوتوماتوا automatoi) إلى اجتماع الآلهة، والركائز الذهبية التي كانت تساعد الإله المقعد على الحركة، وخلق باندورا. إنّه فعلاً الصانع الذي يعطي الحياة للأشياء التي يصنعها. نذكر هنا أيضاً خلق تالوس Talos رجل البرونز الذي عيّنه مينوس Minos لحراسة كريت وكان يدور حولها متّبعاً خطى منتظمة، إنّه الإنسان الآلي الحربي بامتياز. كما عرف إيفايستوس صناعة الخزف، لأنّ باندورا صنعت أصلاً من الطين النضج قبل أن تدبّ فيها الحياة، من جهة أخرى نرى أثينا مصوّرة على إناء في متحف برلين تقولب بالصلصال تصميماً مصغّراً لجواد. الحدادة، البرونز المذاب والمصبوب، المعادن الثمينة، فن صناعة الخزف، هكذا ترتسم قدرة إيفايستوس التقنية، التي تتقاطع جزئياً مع قدرة أثينا. لقد صنعا معاً المرأة كما ساعد إيفايستوس بروميتيوس Ptometheus على خلق الرجل.

مع القليل من الجهد قد نتوصّل إلى تحديد موقع ولادة كلّ هذه الميتولوجيا. في الواقع هناك تقنيات تعود حتّى الألف السادس ق. م. (زراعة، خزف)، وهناك تقنيات أحدث بعض الشيء (الصناعة النحاسية أو البرونزية) وهناك أحدث أيضاً (عربة القتال). لكن، بالإجمال، كان كلّ هذا موجوداً فجر الألف الثالث ق. م. وعندما كانت قد بدأت في القرن السادس ق. م. انطلاقة تقنية جديدة كان الإنسان يتناول نوعاً ما تاريخاً طويلاً حينها لكنّه متكيّف مع عصر بدأت التكنولوجيا تأخذ فيه أهمّيتها.

مع بروميتيوس، نرى أنفسنا نجتاز عتبة، فهنا أصبحت التكنولوجيا تميل إلى أن تتأنسن (تقترب من الإنسان). لنقرأ هذا النص من ب. ميشيل:

لقد بقيت (التكنولوجيا) هدية من عند الآلهة، لكنّ إحدى الأناشيد الهوميرية مجّدت بها هيرمس (Hermès) وهو إله إن لم يكن أقلّ من البقية فهو حتماً أقرب إلى البشر حيث إنّه لم يكن يملك الفنون منذ الأزل بل يكتشفها بواسطة الذكاء. يخترعها كما قد يفعل إنسان عبقري وينقلها إلى البشر معتمداً على قدرتهم على الفهم. مثل «المؤتمن على الأسرار» الذي يتعلّم جيداً، ثمّ يكتسب معرفة قادراً بدوره على نقلها. أفضل من هذا أيضاً، لم يعد الفن بالضرورة هبة من الآلهة، بل يمكننا النظر إليه كنتيجة نوع من سرقة لممتلكات الآلهة. إنّ خرافة بروميتيوس تعطي شكلها الأسطوري لهذه الرؤية التي تحدّد من جهة أخرى، في قصائد هوميروس ثمّ خاصّة عند هسيود Hesiod وبيندار Pindar، درجة جديدة لكلمة «تكني» Techné. بالنسبة لهسيود يوجد بجانب الفنون إلهية المنشأ، فنون إنسانية بحتة، مثلاً فنّ السباك.

الصراع الذي انفجر بين بروميتيوس وزيوس Zeus لم يظهر في الواقع سوى في نصّ متأخّر من ديودورس Diodorus. بالنسبة لِ ج. ب. ڤيرنان، تظهر أسطورة سرقة النار عند هسيود بمظهر متماسك بقوّة وترفع مسألة تطال الوظيفة التقنية: مفهوم العمل يبدو نتيجة صراع زيوس وبروميتيوس. فسرقة النار كان يجب أن يدفع ثمنها، ومنذ ذلك الحين وكلّ نوع من الثراء يتطلّب الكدّ كشرط أساسي. من هنا المقابلة بين الخصوبة والعمل، بين ما تعطيه الطبيعة، بواسطة الآلهة، والتقنية التي مُنحت للملعون أو التي سرقها أو التي يبتكرها. لقد أعطى ديميتر القمح لكن هذا لا يكفي؛ الآلهة أعطت الرياح، لكن هذا لا يكفي، فقدّمت أثينا للإنسان المحراث والسفينة والشراع، وقدّم بروميتيوس النار. وعند أفلاطون يمثّل بروميتيوس مفهوماً متطوّراً جدّاً للتقنية كوظيفة اجتماعية.

بهذا الشكل تتطوّر، حسب ملاحظات ڤيرنان المعقولة جدّاً، أسطورة بروميتيوس. من العمل ومن التقنية كنشاط إلزامي ولكن مرتبط بالفكر الديني، إلى العمل وإلى التقنية اللذين

رأى فيهما أفلاطون وظيفة اجتماعية، إنسانية ومادّية صرف، وبالتالي نشاطاً أدنى بالنسبة للآخرين ولإشيل Eschyle الذي حاول دمج العمل والتقنية أكثر في الإطار الإنساني.

من جهة أخرى من الأصح أن نحدّد أنّ تقنيات بروميتيوس هي تقنيات النار؛ إنّها تطال صانعي المعادن، كما صانعي الخزف ودون شك أيضاً الطهاة. ولم تُسند إليها أيّ من التقنيات الأخرى، والإسنادات التي لدينا تبدو مبهمة نسبياً إذا نظرنا من زاوية محض تقنية. عندئذ قد يصبح بطلنا نوعاً ما مزاحم إيفايستوس. لا علاقة لبروميتيوس بالأسلحة ولا بالأدوات المعْدنية، إنّه يرمز نوعاً ما إلى مجرّد المصدر الحراري، وبهذا يمثّل جماعات فنون النار المؤلّفة من أولئك الأشخاص الذين يملكون كما كان يُقال شيئاً من الشيطان ومن السحرة. من جهة أخرى، نجد هنا المؤسّسات الحرفية الأولى التي تطوّرت خارج الإطار المنزلي وبهذا شكّلت المهن المتخصّصة الأولى. فالغزل والنسيج كان يتمّ في المنزل، وفيه كذلك كان يشغل الخشب والجلد، لكن لا يمكن أن نحدّد فيه أو أن نصنع الخزف. وبالطبع عمل الأرض كان عملاً عائلياً. أمّا كلّ ما هو نار، باستثناء الطبخ والخبز، كان يجب أن يخرج من البيت ليمارسه أشخاص من خارج المجموعة العائلية.

من وجهة نظرنا، ونحن نتناول مصدر التقنيات، نرى أنّ عمل بروميتيوس، كما عمل أخيه إيبيمتيوس Epimetheus، الطائش، يبدو ملتبساً. فخلق الإنسان وسرقة النار، وكلّ من هذين الأمرين يكمّل الآخر لأنّ الإنسان لا يمكنه العيش دون نار، ما يميّزه عن الحيوان، يخلقان رابطاً ضرورياً بين ظهور الإنسان وولادة التقنيات. لكن بما أنّه كان يجب أن يوجد وسيط ضروري بين الآلهة والبشر، ولم يكن حينها بالإمكان التسليم بمجرّد المصدر البشري للتقنيات، على الأقل الأساسية منها، كان من الضروري اختراع بروميتيوس.

أمّا ديدالوس Dedalus فيقودنا إلى مرحلة ثالثة وحاسمة، علمنة التقنيات نوعاً ما. نعتقد أنّه يجب الإشارة إلى نقطة مهمّة؛ حتّى الآن بقينا ضمن التقنيات الأساسية ودون أي تحديد: المعادن، الخزف، النسيج، السفن التي تبدو وكأنّها أُعطيت للإنسان إذا صحّ التعبير. مع ديدالوس سوف ندخل في تفاصيل التقنيات، بصورة خاصّة في أهمّ ما تملكه هذه التفاصيل وهو الأدوات.

أكثر من هذا، إنّنا نخرج من إطار المصادر الإلٰهية فديدالوس هو إنسان ويتمتّع بصفة تاريخية مميّزة حيث تمّ تحديد موقعه زماناً ومكاناً وفي علاقاته العائلية. إنّه لا يستقبل إنّه يخترع.

تاريخياً، يُفترض أن يكون ديدالوس نحّاتاً من جزيرة كريت في القرن السابع ق. م. بالنسبة لآخرين، خاصّة ديودورس، هو أثيني من السلالة الملكية ووالده ميتيون Métion، ما

يربطه بكلمة ميتيس التي تكلّمنا عنها أعلاه. أمّا بوسانياس Pausanias فيرى أنّ «صيت ديدالوس ذاع في العالم أجمع لموهبته وفي الوقت نفسه لترحاله وتعثّراته». لنحدّد موقعه بشكل أدقّ: لقد وصلت أساطير ديدالوس، أقدمها، إلينا عبر ديودورس إذن في القرن الأوّل ق. م. بروميتيوس كان أقدم بكثير ويمكننا القول إن بين بروميتيوس وديدالوس، إلى أيّ زمن كنّا نشير، فإنّ الانطلاقة الكبيرة الأولى للتقنيات الإغريقية، أي بين القرنين السادس والرابع ق. م.، كانت نتيجة عمل بشري حتماً، بعد ذلك اكتملت علمنة التقنيات. إذن في ما سنقوله حول هذا الموضوع، نتطرّق إلى البشر وحدهم ونحاول إعطاءهم حقيقة تاريخية، بهذا الإطار يجب أن يظهر ديدالوس وأسطورته. لم نعد هنا ضمن الذكريات غير الأكيدة لبدايات الزراعة، للصناعة المعدنية والخزفية حيث تناولنا الآلهة وأنصاف الآلهة فقط.

لقد قدّمت لنا فرانسواز فرونتيزي دوكرو Françoise Frontisi-Ducroux دراسة وافية عن ديدالوس. أوّلاً اسم البطل، فالديدالون daidalon هو كلّ ما يمكن فعله مادّياً أي ما يمكن صنعه: الأسلحة والدروع، المجوهرات، الأنسجة والأقمشة، كلّ الأغراض الخشبية، العربات وهياكل السفن. الديدالون هو إذن عبارة عن أثينا وإيفايستوس. عندما نحصي هذه الأغراض معروضة بهذا الشكل الشامل نلحظ أنّه بين تسعة وأربعين مثلاً نجد أربعين تتعلّق بالمعادن، خمسة بالنسيج وأربعة بالخشب.

وهكذا نرى تشكّل النظام. ديدالوس، البطل صاحب الاسم الذي إذا وضعناه بين المفردات الجارية يمثّل الأغراض المصنوعة حرفياً، البطل المتعلّق بسلالة أثينا الملكية المتعلّقة بدورها بإيفايستوس وبأثينا، يبدو مثال الفنّان والحرفي، الفنّان والحرفي في آن واحد مجتمعين في شخص واحد. إذا اعتبرنا أنّ هو من ابتكر الصور الإلهية الأولى، فإنّه أيضاً مخترع الأدوات التقنية الضرورية، إنّه مهندس ومعماري. إنّه يجسّد عبقرية الاختراع والموهبة الفنّية. إنّه ممثّل «التكني» بحقّ وهي لفظة تترجم مهارة الطبيب، حذق السكّاف، معرفة المعماري، فنّ الموسيقي وكلّ ما يُترجَم بواسطة ابتكار على الصعيد المادّي.

كان ديدالوس نحّاتاً، وله يُنسب اختراع التماثيل التي تمثّل الآلهة، من خشب أو من خشب يغطيه المعدن. وأسلوب النحت الذي سمّي فيما بعد بالديدالي هو أسلوب مميّز: العينان مفتوحتان، الساقان مفرّجتان، الذراعان منطلقتان نحو الأمام، وكلّها تعطي شعوراً بحياة التمثال تقريباً. مثل أثينا وإيفايستوس كان ديدالوس كمن يبعث الحياة في التماثيل. هنا أيضاً تتجلّى «التكني» محدِثة التصوّر، الذاهبة حتّى تقليد ما هو حي، هذه الرغبة المجنونة لدى الإنسان، من ديدالوس إلى ديكارت Descartes وفوكانسون Vaucanson. هنا ما نزال في بداية الفنّ القديم في أثينا والإيحاءات التي أحدثتها هذه التماثيل الأولى على تفكير

شعبي أتّيكا وكريت، ويمكننا رؤية بعضها في متاحفنا. نحن إذن فعلاً بصدد نوع من التحوّل: ما كان ينسبه الأوّلون إلى آلهة، مثل أثينا وإيفايستوس، أصبح إنجازاً بشرياً بحتاً وليس مستبعداً أن تكون يمامة أرشيتاس Archytas الطائرة رمزاً لأنسنة التقنيات المتقدّمة هذه.

ديدالوس هو إذن حرفي وصناعي معدني، ما لا يفرّقه تماماً عن الآلهة التي ذكرناها. المهارة الحرفية والشغل بالمعدن هما نشاطان بين نشاطات أخرى، إذ يُنسب إلى ديدالوس كذلك اختراع عدد كبير من الأدوات. لكنّ الإسنادات تختلف بين مؤلّف وآخر، وهذا لأنّ البعض يعتبر أنّ بينها هناك ما أنجزه ابن شقيقته تالوس Talos الذي علّمه خاله ثمّ غار من نجاحه حتّى رماه من أعلى الأكروبوليس وقتله. من جهة أخرى نرى فكرة الرمي هذه في أكثر من أسطورة دينية إغريقية.

يقول بلين Pline إنّ ديدالوس اخترع المنشار، الفأس، الفادن المطمار، الغراء وصمغ السمك. هنا نرى أدوات تستخدم لشغل الخشب، الغراء وصمغ السمك يستعملان في عمليات التجميع، الفادن المطمار يستعمله النجّارون والمهندسون المعماريون على السواء، وتسمح الفأس أو البليطة بنجر الخشب: إنّها إحدى الآلات المفضّلة لدى النجّار والنحّات، أمّا دور المنشار فنعرفه جيّداً. كان يُذكَر أيضاً المخرز أو المثقاب الذي يضعه هوميروس في عداد أدوات النجارة. كلّ هذه الأدوات نراها على مقطع في متحف في برلين هو عبارة عن محرف أحد النحّاتين هناك فقّاعة أتروربة ذهبية، مطروقة ومنقوشة في القرن الخامس ق. م.، تمثّل ديدالوس حاملاً بيده منشاراً ومنحتاً. هذه الأدوات منسوبة أيضاً إليه على إناء منقوش روماني يصوّر بناء سفينة ونرى أثينا تشرِف على الأعمال.

هناك إذن أساطير أخرى تُدخِل تالوس في موضوع كلّ هذه «الاختراعات»، تالوس متمتّعاً بموهبة مبكرة ومعدّاً لهذا السبب للموت. تذكر ف. فرونتيزي - دوكرو أن اختراعات تالوس تركّز على فكرة الدائرية ففي الواقع، كما يذكر ديودورس، نحن ندين له بالعجلة، بدولات الخزّاف وبالبركار، وجميعها أدوات رسم دوائر. ويقال إنّه استوحى من حسكة السمكة أو فكّ الثعبان فكرة اختراع المنشار، هذه الأداة المعدنية المستعملة في شغل الخشب، وبسببها ولد الغضب في نفس ديدالوس.

بعد هذه الجريمة لجأ ديدالوس إلى كريت، عند مينوس. ودور ديدالوس في مغامرة بازيفي Pasiphaé هو دور النحّات والنجّار. ربّما يكون أكثر من هذا، حيث نستشفّ في الواقع «التكني» خلاّقة التصوّر ومقلّدة ما هو حي كما في التماثيل الحيّة. بالمقابل لا يقال عن ديدالوس إنّه مخترع المتاهة، في الحقيقة يُفترض أنّه أقام في مصر وأخذ الفكرة عن قبر

الملك مينيس Menes وهو قصر محصّن تحوّل إلى قبر، إنّه ليس إنجازاً معمارياً، إنّه مكان مغلق دون تزيين. وبالعكس، يبدو لنا ديدالوس مهندساً معمارياً في صقلّية بعد هروبه من كريت. ويحكي لنا ديودورس عن بناء سدّ قرب ميغاريس Megaris وتحصينات لقلعة كاميكوس Camicos. هنا نجد بطلنا إذن معمارياً و «مهندساً»، كذلك أنشأ في سيلينوس Selinunte مبنى حرارياً، ثمّ معبد أفروديت Aphrodite في إيريسا Erice، على صخرة يصعب الوصول إليها: «لقد بنى، كما يذكر ديودورس، جداراً على الهوّة نفسها، موسّعاً بذلك بشكل خارق المصطبة التي تشرف على المهوار». لقد ظهر أنّ هذه الأعمال تتناول مسائل ضبط الأنهار وجفاف المستنقعات (يوجد منها في اليونان أيضاً) التي صادفها المهندسون الصقلّيون في ذلك العصر كما مسائل الابتكارات المعمارية في صقلّية القديمة. الكثير من هذه الأعمار يقع كما يُقال بين السماء والأرض، كنوع من علاقة بين مهارة الآلهة ولباقة البشر.

هذا الهروب من كريت يطرح شكل مزدوجة، يقول بعض المؤلّفين إنّ ديدالوس هرب عبر البحر وإنّ ابنه إيكار Icare غرق وهو يقترب من الجزيرة التي تحمل اسمه. ديدالوس كان نجّاراً وصانع سفن ومخترع أشرعة: هنا نلتقي من جديد مع انتقال النشاطات الإلهية إلى البشر. ويقول مؤلّفون آخرون أكثر عدداً إنّ ديدالوس، كي يهرب من مينوس سيّد الأرض، طار مع إيكار بعد أن ألصق بجسده أجنحة بواسطة الشمع. ونعرف أنّ إيكار اقترب جدّاً من الشمس حتّى ذاب الشمع وهوى.

ديدالوس هو فعلاً ممثّل الحركة التقنية التي بدأت في القرن السادس ق. م. وبالنسبة للمؤلّفين الذين جاؤوا بعد هذه الفترة ـ ديودورس من القرن الأوّل ق. م. وبوسانياس من القرن الميلادي الثاني ـ لم يكن يُعرف تاريخ لمصادر تكنولوجيا أكثر تطوّراً فكان من الضروري تصوّر ديدالوس لفهمها. وهذا ما يظهر، مهما كان رأي أفلاطون، كلّ الاهتمام الذي كان يوجّه إلى التقنيات و «وعي الدور الذي لعبه التطوّر التقني في تقدّم البشرية الحضاري».

في هذا العالم الرائع نجد شخصيات أخرى؛ أقلّ شمولية ولكن تظهر بمظهر لائق ضمن هذه المجموعة حيث لا تُميّز جيّداً الكائنات الأسطورية ممّن تمتّع بوجود تاريخي حقيقي. لنذكر هذين المثلين:

بالاميدس Palamedes أيضاً كان مخترعاً غزير الإنتاج، وهو فعلاً أحد وجوه الميتيس. بعض المؤلّفين يقول إنّه اخترع بعض الحروف الأبجدية، وألعاب نرد ودامة وكعب وفيشاً للتصويت وإشارات ضوئية. ديوان مدهش هي اختراعات بالاميدس هذه التي يسخر منها أفلاطون قليلاً في «الجمهورية».

كما ذُكِر أيضاً رويكوس دي ساموس Rhoicos de Samos وابنه تيودورس Théodoros وقد عاشا تحديداً في القرن السادس ق. م. وإليهما ينسب معبد هيرا في ساموس ومتاهة لمنوس Lemnos. كما كانا صائغين ونحاتين وقد تصوّرا إذابة الشمع وقولبته، وندين لهما أخيراً بالفادن والبركار. هنا ما نزال في نفس السلالة وفي نفس العصر.

لقد أثار الفعل التقني، أو بالأحرى مفهوم الاختراع، فضول الإغريق وكان يجب إعطاء تفسير والبحث عن منشأ. حتّى لو قدّم بعض المؤلّفين تحليلاً قيّماً وصحيحاً لمصدر النار، مثلاً الصاعقة على شجرة أو احتكاك عودين جافّين جدّاً، فقد بدا لهم من الضروري جمع كلّ النشاط التقني فوق بعض الرؤوس التي بعد أن انطلقت من السماء، نزلت تدريجياً إلى منتصف الطريق ثمّ إلى الأرض.

تقليد الطبيعة

هنا نجد أنفسنا في ميدان أقلّ وضوحاً. لقد وُجِد منذ القدم وحتّى أيّامنا هذه من بحث عن مصدر للأدوات أو للتقنيات في الطبيعة، ويمكننا إعطاء أمثلة من مختلف العصور.

لقد رأينا لتوّنا كيف كان يُقال إنّ ديدالوس أو تالوس اخترعا المنشار بواسطة تقليد إمّا الحسكة إمّا فكّ الثعبان. هناك إذن تأثير مباشر لمشاهدة الطبيعة على ابتكار الأدوات، وقد نعجب لكون الإغريق أطلقوا أسماء حيوانات على عدد كبير من آلاتهم ـ فالمطرقة المعدنية تُدعى باليونانية خروفاً، والمرفاع كركياً، وملقط الحدّاد سرطاناً، ولولب أرخميدس حلزوناً، عداك عن كلاّب الرفع المسمّى ذئبة والمرفعة المسمّاة عنزة ـ وهي أسماء ما تزال معتمدة إلى اليوم، وكذلك في مجال الأسلحة: المنجنيق يسمّى كبشاً أو حمار الوحش وهناك سلاح يسمّى عقرباً، إلخ...

نحن بالطبع بصدد تشابه، ولكن بأيّ معنى؟ هل كان الحيوان مصدر وحي للإنسان؟ أم أنّ الآلة تذكّرنا بالحيوان من حيث تكوينها العام؟ نذكر أنّ كلمة حلزون باللاتينية Cochlea، كما باليونانية Cochlias، ترمز بالنسبة للتقنيين، عدا عن صدفة الحلزون، إلى البرج حلزونيّ السلّم، إلى لولب المكبس، إلى لولب أرخميدس وأنّ كلّ هذه الألفاظ مشتقّة من كلمة Cochlos التي تدّل على الحلزون الحيوان.

لا داعي لأن نقف كثيراً عند أبحاث ليوناردو دافينشي حول طيران العصافير عندما كان يعمل على آلته الطائرة، فالمثل هنا واضح.

في عصر أقرب إلينا يمكننا أن نذكر ش. فريمون Ch. Frémont وهو مؤرّخ أدوات ثاقب الرؤية، ككثير غيره، وذلك لتقارب المفردات كما رأينا. كان فريمون يبحث عن أصل

اللولب في بعض أشياء تعطينا إياها الطبيعة وبخاصّة القوقعات اللولبية، كالحلزون مثلاً. أمّا ريلو Reuleaux فكان يرفض هذا التفسير لمجرّد اللولب، بينما اتّفق مع فريمون حوله بالنسبة للزوج لولب ـ حزقة. من جهة أخرى، كان فريمون يفرّق بين مصدر السلّم الحلزوني، لولب أرخميدس ولولب المكبس. وبالنسبة له، رؤية حركة الحلزون وهو يُرفع من صدفته ليؤكل تعطينا فكرة كاملة عن اللولب وحزقته، ليس من أجل ضمّ قطع متفرّقة ولكن لإجراء نوع من الدفع أو الضغط كما في حالة عارضة المكبس اللولبي. لإخراج الحيوان بكامله عليه أن يقوم بحركة دورانية. كلّ منّا حرّ بتفكير ما يريده بالنسبة لهذا التفسير.

وإليكم نوع ثالث من التفسيرات حول الحصوات المشغولة التي اكتشفت منذ فترة في إفريقيا الشرقية، لنذكر لوروا ـ غوران Leroi-Gourhan:

إذا تأملنا مجموعة من الأدوات الصوّانية لا نتأكّد من كون اختيار العيّنات قد تم بشكل واع أم لا: إذ لا يمكننا استشفاف أيّ ثابتة شكلية بينها فتوزيع الأشكال جاء بصورة عرضية تماماً والثوابت الشكلية الوحيدة التي يمكننا إعطاؤها تقع على مستوى ميكانيكي فقط، مثل دقّة جانب فهر صوّاني، أو الأجزاء الناتئة في القطع المختلفة أو التكسّرات في قطع أكثر استطالة.

والخلاصة التي تسبق هذا الإسناد.

ويمكننا القول إنّ إذا كان وجود البصلة الطارقة يطرح بدرجة احتمال عالية مسألة تدخّل الإنسان فهو يترك إمكانية اكتشاف عدد كبير من الشذرات هي ليست أكثر من تصرفات للطبيعة.

فقد يكون أصل الأداة حجر صوان وقع من أعلى شاطىء صخري وتكسّر.

لنحاول التنظيم: فالأمور متنوّعة وناتجة عن أشكال مشاهدة يختلف واحدها عن الأخرى، إلاّ أنّها كلّها تفترض جهداً في التصوّر تسهل الإحاطة به نسبياً. أمام حاجة تقنية يجب أن يجيب عنها الإنسان فإنّه يجد في الطبيعة، إمّا بمجرّد اكتشاف غرض ملائم ـ الصوّان المتكسّر طبيعياً، إمّا بملاحظة قسم من جسم حيوان ـ الحسكة أو فك الثعبان ـ حلّ مشكلته. المقصود إذن ليس أكثر من مجرّد نقل للغرض الطبيعي إلى الأداة، وهنا قد يمكننا التمييز بين خطوات يسهل على الإنسان القيام بها وخطوات تقريباً مستحيلة، فإعادة صنع الحجر المتكسّر تفترض فكرة الصدم أمّا المرور من الحسكة إلى المنشار فيبدو أكثر صعوبة. إذن في هذا الكون الطبيعي الذي أعطى الإنسان حقلاً هائلاً للاختبار يمكننا تمييز ثلاثة أنواع من المشاهدات:

أ ـ أفعال الطبيعة وهي دون شك أكثر ما يلحظه الإنسان مباشرة وإن كان بدائياً؛

ب ـ تكوين بعض الكائنات التي تفترض حتماً انتباهاً أقوى والذي لا يعود، كما سنرى، إلى أكثر من عهود قريبة نسبياً؛ ج ـ النشاطات الحيوانية التي يتعلّق قسم منها ببنية

الكائنات ولكن التي تربط هذه البنية مع «عمل» محدّد.

لن نقف كثيراً عند الفئة الأولى، لقد ذكرنا مثل الأحجار المشغولة التي قد تكون نتيجة مجرّد صدفة طبيعية، ويمكننا ذكر أمثلة أخرى: أكثرها دلالة قد يكون مثل الجذع الذي يعوم مع تيار الماء الذي أدّى عاجلاً أم آجلاً إلى صنع الزوارق من قطعة خشب واحدة. تماماً كمثل التفّاحة ونيوتن Newton، فنيوتن قد استوعب «سقوط» التفاحة لأنّه كان يبحث في نفس الاتّجاه، والمرور من الجذع العائم إلى الزورق هو من نفس الطبيعة، إن لم يكن من نفس المستوى. بعبارة أخرى، والأمر ينطبق على الحالات الأخرى، المشكلة تسبق المشاهدة بالضرورة. بالطبع تستخدم بعض أنواع القرود العصا لإسقاط الفواكه أو كرافعة. عندئذٍ ينبغي البحث عن الفوارق مع الإنسان: مثلاً الاحتفاظ بالأداة. أمّا المرور من العجلة التي تدور مع تيار الماء إلى الطاحون فهو حتماً أصعب للشرح بدرجات. إنّ ما كان يُبحث عنه في البدء كان المادّة التي حضّرتها الطبيعة والتي يمكننا استخدامها على الفور لاستعمال محدّد سلفاً، بسيط أو مركّب.

الطبيعة هي دون شك أمّ الطاقة، فهي التي أعطت القوى الأساسية الثلاث التي عاشت البشرية عليها آلاف السنين والتي بقيت ما يسمّى بالعناصر، وهي الماء الجارية، الهواء والنار. لكنّ أيّا من هذه القوى لا تؤدّي إلى استعمالها المباشر: هذا ما قلناه بالنسبة لقطعة الخشب العائمة والزورق، والأمر نفسه ينطبق على الهواء والشراع، على الصاعقة واحتكاك قطعتين من الخشب. ولقد رأينا لتوّنا أن التحوّل كان يبدو صعباً للقدماء الذين كانوا يستنجدون بالآلهة أو بالأبطال. التقنية هي بالضبط عمل يُخرِج الإنسان من إطار الظواهر الطبيعية، لا بل قد يذهب أحياناً عكس اتّجاه النظام الطبيعي.

يتطلّب تكوّن الكائنات ملاحظة طويلة وملائمة، ونكرّر أنّ هذه الملاحظة يجب أن يسبقها بالضرورة وعي لمشكلة يجب حلّها: فالملاحظة الفعّالة تنتج عن الحاجة، وينبغي القيام بها حسب قواعد لم يتمّ سنّها إلاّ تدريجياً.

لنبدأ بمثل عادي جدّاً: نحو العام 1881 اخترع أحد صانعي القفّازات الزرّ الكبّاس كي يحلّ، بصورة أكثر عملية، محلّ الزرّ العادي والعروة. وقد بحث هذا الصانع، باستناده إلى مبادىء ميكانيكية، عن أفضل الأشكال لتأمين إغلاق محكم، وقليلاً قليلاً، تصوّر هذا الفرض الجديد ورسم له تصميماً ثمّ صنع نموذجاً حاول تشغيله. لكنّنا نجد الزرّ الكبّاس طبيعياً عند العديد من الحيوانات: السلطعون، رأسيات الأرجل، عشاريات الأرجل، حشرات مائية، إلخ... يتمتّع بنفس التكوين ويقوم بنفس المهمّة من حيث إنّه يضمّ قسمين مختلفين من الجسم. قطعاً لا وجود لأيّ علاقة بين الأمرين.

إليكم مثل آخر، كاشف أكثر: لقد وضع ڤولتا Volta بطاريّته، التي ينتج عنها كهرباء باحتكاك معدنين مختلفين، في نهاية العام 1789. في 20 آذار (مارس) 1800 توجّه برسالة مفسّرة إلى السير جوزف بانكس sir Joseph Banks، نائب رئيس جمعية لندن الملكية. «هذا الجهاز، الذي يشبه، كما سأظهِر وحتّى كما صمّمته، العضو الكهربائي في جسم سمكة الرعّادة أو الأنقليس الراجف أكثر ممّا يشبه زجاجة ليدن Leyde أو البطّاريات الكهربائية المعروفة، أرغب بتسميته العضو الكهربائي الاصطناعي». تتألّف بطارية ڤولتا القديمة من ثلاثة قضبان رأسية تحملها قاعدة خشبية؛ وبين القضبان الثلاثة يرتفع العامود الذي يتألّف من تراكب عدد من الأزواج تتضمّن قرصاً من الزنك، قرصاً من النحاس وقرصاً من القماش أو من اللبد المبلّل بالماء المحمّض. هذه البنية شبيهة بتكوين عضو الرعادة، وسائل أداة ڤولتا له نظيره في المادة داخل الصفائح، حيث تُمثّل الموصلات المعدنية بالأنسجة الوسيطة.

في الحالة الأولى، لا وجود لأيّ علاقة بين الاختراع ومشاهدة الطبيعة. في مثل اللولب والحلزون العلاقة هي عرضة لشكّ كبير، وبالنسبة لليوناردو دافينشي العلاقة حقيقية لكنّها لم تقدّم شيئاً على المستوى المادّي. في الحالة الأخيرة هناك تأخّر أم استنتاج أتى لاحقاً؟ الأصح أن يكون التبرير الأخير هو الأفضل، ففي الحقيقة هناك تشابه وليس تماثل؛ ومن الصعب أن تكون البطارية ذات القاعدة المعدنية قد ابتكِرت انطلاقاً من الرعّادة. بالإضافة إلى هذا، المشاهدات التي قد تعطينا الأفكار أو تقدّم لنا الأدلّة على التماثل هي حديثة نسبياً وتستلزم معرفة جيّدة للطبيعة.

لقد تكلّمنا عن «الأدوات لدى الكائنات الحيّة» وذكرنا بعض الأمثلة المثيرة. «رغم تنوّعها، فإنّ أجهزة التنظيف عند الحيوانات تتضمّن دوماً أنسجة حريرية أو أشواكاً مرصوفة على صفّ واحد أو أكثر وتوحي هكذا بالمشط أو بالفرشاة اللذين يستعملهما الإنسان؛ أحياناً للتنظيف وأحيانا لأشياء أخرى». الشيء نفسه بالنسبة لأجهزة التعليق، والتثبيت: كلاّبات، صنّارات، محجمات. مهما كان دور المحجمة فإنّ مهمّتها الدائمة هي أن تثبّت الموضوع مع ركيزته، وهذه الخاصّة المشتركة تقتضي تحقيق أمرين: من جهة عزل مساحة معيّنة تنطبق عليها أطراف المحجمة بإحكام، من جهة أخرى وقف التوازن بين الضغط الجوّي والضغط الموجود داخل المحجمة. حتّى قبل أن يكون بحوزته الكاوتشوك الذي ساعد على تحقيق المحجمة المثالية، عرف الإنسان حلقة الجلد المبلّل المزوّدة بحبل رفيع. لكن لنعترف بما نجهله، لا نعرف إلى متى يعود اختراع المحجمة التي يستعملها الإنسان ولا الهدف من استعمالها الأوّل، نفتقر إذن إلى عناصر المقارنة الضرورية.

الأمر نفسه بالنسبة لكلّ أنواع الملاقط. أجهزة الإمساك هذه، المصمّمة حسب

نموذجين، تتضمّن إمّا كمّاشات، مؤلّفة من ذراعين تُجمع أو تتقاطع، إمّا ملاقط قاطعة، منثنية يؤلّفها انثناء القسم أو الأقسام الطرفية (الشفرات) على قسم أسمك يسبقها فوراً (الكمّ). النوع الأوّل نجده عادة عند القشريات والثاني عند الحشرات. هنا أيضاً تصعب معرفة ما إذا كان الأمر كناية عن تأثير للطبيعة أو استنتاج للتشابه الحاصل، ما يمكن جزمه هو أنّ الإنسان صنع تشكيلة من الملاقط أكثر تنوّعاً من الملاقط الموجودة في الطبيعة، وتتميّز هذه الملاقط بميزة مشتركة: يوجد على الوجهين اللذين يتلامسان وإمّا شفرتان، وإمّا تخشّنات تساعد على الإمساك.

يلفت أيضاً أ. تيتري A. Tétry إلى التشابهات في مجال أجهزة الغوص أو الغطس. عند الإنسان تلجأ كلّ هذه الأجهزة إلى الجو فوق المائي وتضع بتصرّفنا كمّية قليلة أو كثيرة من الأوكسيجين، هي إذن أجهزة محدودة في الزمن (الأجهزة التي تخزّن الأوكسيجين) أو في المكان (التنشّق بواسطة أنبوب)، ويتمّ التخلّص من غاز الكربون إمّا بطرح الهواء الفاسد، وإمّا بواسطة امتصاص كيميائي. تتطابق أجهزة الغطس البشرية مع الأنواع الأكثر تخصّصاً المشاهدة في الطبيعة، ويبدو أنّ أ. تيتري يتصوّر أنه بإمكاننا أن نتوصّل يوماً ما إلى جهاز يؤمّن تنفّساً تحت الماء وهو أمر لم نشاهده حتّى الآن سوى في الطبيعة، على أيّ حال الغوص البشري، حقيقياً كان أم خرافياً، هو شيء قديم جدّاً. كذلك تستند كلّ العائمات التي صنعها الإنسان إلى نفس المبدأ حيث إنّها تتمتّع ببنية متشابهة يحتلّ فيها الفلّين مكاناً مهمّاً وتؤمّن نفس وظيفة العائمات الحيوانية أو النباتية.

أخيراً لنحدّد هذا الأمر، لم نصل بعد إلى أعضاء بعض الحيوانات المضيئة، الباردة. لقد خلقت الطبيعة نماذج بعض الآلات الموسيقية الوترية (الكمان، الغيتار) وآلات الطرق (الطبل، الصنج، الإكزيلوفون)، أو حتّى آلات الضوضاء (الجراد)، إلاّ أنّ غاياتها هي شيء مختلف عمّا ترمي إليه آلات الإنسان الاصطناعية. عند الحيوانات، تُستخدم هذه الآلات للتخويف، لجذب الأنثى أو الذكر، وربّما للاتصال، عند الإنسان الآلة الموسيقية هي شيء آخر ونستخدمها للحصول على أصوات مرتّبة، تبعاً لسلّم موسيقي معيّن. من عضو الحيوان الموسيقي إلى آلة الإنسان يبدو الفارق أساسياً بشكل لا يقبل وجود علاقات بين الاثنين. «الجرادة التي تحكّ فخذها على عرق من الغمد يمكننا مقارنتها بعازف الكمان الذي يزلق قوسه على أوتار الكمان.» قد تكون التقنيتان شبيهتين من حيث البنية العامّة كلّياً، وهو ارتجاج مادّة قابلة للارتجاج بواسطة حكّها على ما هو خشن، لكنّ الكمان، عدا عن تنظيم سلّمه الموسيقي، هو شيء مختلف تماماً: الوتر ونوعيّته، القوس، صندوق الصدى، كلّ الأصوات التي يمكننا سماعها، إلخ... كلّ هذا يجعل منها أمراً مختلفاً كلّياً.

بالطبع هناك تواز بين الأداة الحيوانية والأداة البشرية، وهذا لوجود الحاجات نفسها من جهة ومن جهة أخرى لأنّه لا يوجد الكثير من الوسائل القابلة للتبادل للتصرّف في ظرف معيّن. إلاّ أنّ هذه التشابهات، التماثلات أو التطابقات ليست مطلقة، فبعض الأدوات الحيوانية لا تعمل بصورة مثالية، كملاقط الحيوانات القشرية مثلاً: فوضع عضلة الإغلاق، طولها من ناحية وأبعاد شكيمتي الملقط من ناحية أخرى تدلّنا على أنّ مبدأ الرافعات الذي تعتمد عليه الكمّاشة التي صنعها الإنسان لم يؤخذ بعين الاعتبار. ثمّ إنّ الطاقة التي يصرفها الحيوان هي أكبر بكثير. بالمقابل لا يعرف الإنسان سوى محجمة نموذجية بينما يوجد محجمات حيوانية أكثر تعقيداً.

هناك شريط مهمّ حول مناقير الطيور، كلّنا نعرف في الواقع إنّه يوجد في الطبيعة تشكيلة هائلة من مناقير الطيور يختلف أحدها عن الأخرى تبعاً للغذاء ولميدان عملها، من المناقير الحادّة إلى المناقير ـ الملاعق. لكن هنا أيضاً كان يجب أن يكون بحوزة الإنسان عيّنة كبيرة ووسائل ملاحظة لا يعود تاريخها إلى أكثر من أيّامنا هذه.

لنفكّر ببعض الفرضيات. أوّلاً، المرور من الأداة الحيوانية، المتكاملة مع الكائن نفسه، إلى أداة الإنسان، الخارجية بالضرورة، لا يمكن أن يتمّ إلاّ في إطار ملاحظة دقيقة وصحيحة: الغاية من الأداة الحيوانية، عملها، تكوينها. بعبارة أخرى كان يجب امتلاك وسائل للملاحظة، عدسة مكبّرة، مجهر، حسّ الملاحظة والعلاقة بين هذه الملاحظة وحاجة ممكنة، وكذلك معلومات فيزيولوجية مهمّة. إذا كانت تجري حالياً أبحاث حول سلوك بعض الحيوانات، الدلفين مثلاً، لاكتشاف تقنيات جديدة، فلم يكن هذا الأمر ممكناً في عصور سبقتنا ولكن ليس بكثير.

بعد ذلك، يجب أن نقابل بين الأداة الحيوانية والحاجة التي يجب أن تلبّيها أداة الإنسان، والانتقال الضروري من التكوين الطبيعي إلى شيء سيتألّف حتماً من مواد أخرى، مع كلّ التحوّلات الميكانيكية الإضافية. المرور من ملقط السلطعون إلى الكمّاشة يغيّر تماماً في الحقيقة الطبيعية. هل يمكن لسحب الحلزون من قوقعته أن يوحي للإنسان بفكرة اللولب والحزقة؟ احتمال هذا الأمر ليس كبيراً. وحده أرخميدس، في مغطسه، كما تقول إحدى الأساطير التي يبقى أن نعرف مدى صحّتها، وضع علاقة بين ظاهرة طبيعية وبرهان علمي نعرف نتائجه التقنية الكثيرة.

أخيراً، من الصعب إدراك مساهمة الطبيعة في تطوّر التقنيات، قد نفكّر بالطبع بالنبيذ وبالمكبس عند رؤية الحلزون، لكن لا يمكن قبول الروابط بسهولة، كما لا يمكن أن يكون ملقط السلطعون قد أعطى فكرة مرتكز الكمّاشة الرئيسي. لقد اكتُشفت التشابهات بعد صنع الأدوات.

هناك دون شك خلاصة شبيهة تتبع دراسة النشاطات الحيوانية، إذ يمكننا أن ننتقل من الأداة المدموجة إلى الأعمال التي تقوم بها. هنا أيضاً الأمثلة عديدة وسنأخذ معظمها عن أ. تيتري كذلك.

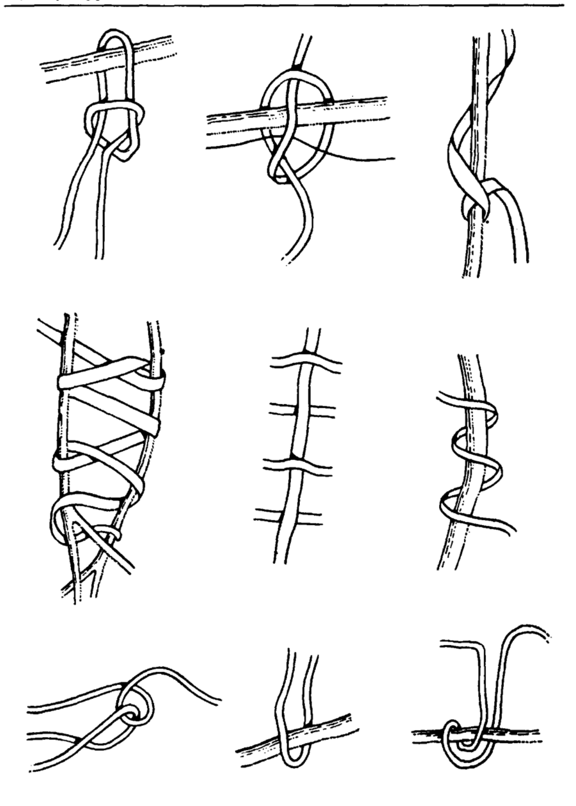
المثل الأوّل مثير للفضول، إنه يتعلّق برصّ التراب الذي يغطّي فوهة جحر بعض غشائيات الأجنحة الحفّارة، وهو عمل منتشر بينها. البعض يقوم بالعملية بواسطة جزء من جسده، إلاّ أنّ أنواعاً كثيرة أوروبية وأميركية من الصنف الإلقي Ammophila يمسك بين نأشيريه بحصى صغيرة يستعملها كمدكّة الردّام من أجل إخفاء فوهة الجحر، إذن يبدو لنا هنا استعمال أداة خارجية. مثل آخر تعطينا إيّاه النملة الخيّاطة، فهي تبني أعشاشاً من ورق الشجر (شجر المانغا غالباً) بعد أن تخيط كل ورقة مع رفيقتها بواسطة خيوط تفرزها يرقانات النوع؛ هنا لا نجد استعمال أداة وحسب بل أيضاً عملاً جماعياً منظّماً منطقياً. كما يبدو أنّ الأخطبوط يستعمل محجماته ليضع بين صمامي أصداف الرخويات حجارة صغيرة تمنع إغلاق الصدفة بإحكام، فينتزع منها الحيوان ويلتهمه.

واستعمال حيوان لحيوان آخر هو أمر شائع نسبياً أيضاً، بالضبط كما يفعل الإنسان. ويتراوح هذا من الطفيليات إلى الأفعال الأكثر تعقيداً: فبعض السلاطعين يرفع بملقطيه أكتينياً صغيراً، وهو حيوان من المشعّات، يشلّ الفريسة بواسطة أعضائه المقرّصة.

أمّا ما نسمّيه الإنشاءات فيأخذ أهمّية من نوع آخر، إنّ الحيوانات تستخدمها بشكل عام للسكن. ومن المعروف أنّ بعض أنواع الطيور تحقّق في هذا المجال إنشاءات متقنة للغاية، لأنّ صغارها تولد بشكل أجنّة وتبقى في العشّ فترة طويلة. لدى الجواثيم الصغار أصبح العشّ تجميعاً مدهشاً من الزغُف، وفي وسطه كأس عميقة تحيطها مواد دقيقة جدّاً، كما يعدّ بعض هذه الطيور أعشاشاً مغلقة. ومثل النملة الخياطة يوجد دخّلة خياطة تخيط الأوراق لبناء عشّها، ونعرض عليكم هنا رسماً يظهر مختلف أشكال العقد والحلقات التي تستعملها طيور أبو نسّاج لبناء أعشاشها (شكل I).

لا داعي لأن نتوقّف كثيراً عند الجحر الذي يتضمّن غالباً دهاليز كثيرة وطويلة.

ربّما لا يوجد حيوان أدهش الإنسان بأعماله مثل القندس. إذا كنّا نجد قنادس تعيش في جحر تعلو فوهتها عن سطح الماء، فهناك أنواع أخرى تبني أكواخاً من الأغصان والوحل، تحيطها الماء وتغمرها أكثر الأحيان. وعندما لا يكون مستوى مياه الجدول كافياً، فإنّها تبني



شكل I. اشكال مختلفة من العقد والحلقات التي تستعملها طيور ابو نساج لبناء اعشاشها.
(عن ج. دورست J. Dorst، «حياة الطيور»، Rencontre، لوزان، 1971)

تلك السدود الشهيرة التي تسبّب مستنقعات. لقد تمّت مراقبة زوج من القنادس يبني خلال شهرين من الزمن، بواسطة الخشب اليابس وحطب شجر مسن والحور المقطوع حديثاً، سدّاً يبلغ طوله ثلاثين متراً وارتفاعه في الوسط متراً وعشرين سنتم. الجهة العيا كان يغطّيها الوحل الممزوج بالحجارة وجاء سقوط ورق الشجر في الخريف كي يسدّ الثغرات العديدة الموجودة. كذلك تقوم الحيوانات بتخزين كمّيات من الغذاء الشتائي. تقوم القنادس بحفر موضعي لقنوات تصل حتّى مئات الأمتار أحياناً، وفيها تعوّم حتّى مستنقعاتها النبْوتات التي قطعتها. سلسلة من الغرائز المجتمعة أم ذكاء مدرك؟ في الحقيقة لسنا بصدد ذكاء، لقد رأينا قنادس منشغلة على مدى فصل الصيف بسدّ حجري بناه الإنسان، كما لو كان بحاجة إلى تصليحات. من جهة أخرى إذا كانت القنادس تعيش جماعات فإنّها تعمل فرادى. عندما تنحت الأشجار، ويمكنها التوسّع بهذا العمل حتّى أقطار كبيرة، فإنّها تترك منها قسماً لا بأس به لأنّها تقع بشكل لا يسمح للحيوانات بحملها.

يمكننا أيضا أن نتناول الحيل التي تقوم بها بعض الحيوانات، وأكثر ما يقترب من الأداة البشرية هو لدى القرود، الشنبنزي بشكل خاص. تقوم هذه الحيوانات في الواقع، بفضل أيديها الأخّاذة، برمي الحجارة أو أغصان شجر تكسرها، لتحمي نفسها أو لتوقع بفاكهة معيّنة. وعند سجنها تستعمل عصا تقرّب بها غرضاً لا تطاله بيدها، ألسنا هنا بصدد نوع من الترويض؟

للوهلة الأولى، كان يبدو تقليد الطبيعة تبريراً أكثر منطقية من هبات الآلهة. في الحقيقة لا يبدو في أيّ لحظة من التاريخ أنّ الطبيعة أعطت الإنسان في هذا المجال أصغر قسط من المساعدة، فقط عندما أصبحت وسائل الملاحظة تتطوّر تدريجياً، وُجِدت بعض الميول الفضولة التي كشفت عن أوجه الشبه. عندما ندرس هذه الأوجه عن كثب، نستنتج بسرعة أنّها نوع من التسلية أكثر منه تفسير. التقنية الوحيدة التي تعود إلى الطبيعة هي استعمال الإنسان لبعض غرائز الحيوان: كلب الصيد، الصقر، الحمام الزاجل هي بعض من أمثلة صادقة عديدة.

مهارة الإنسان

إنّه الجزء الثالث والضروري من الثلاثية؛ لا شأن للآلهة به ولا دور كبير للطبيعة فيه. وحده يبقى الإنسان تجاه مهمّته، تتحدّاه ليكدّ وينجح. وهنا نجد أنفسنا محكومين بتفحّص بقايا يصعب أحياناً تأويلها كما الطبيعة، وهي النصوص والحكايات، والنقاشات الدائرة حولها تثبت ما نقول.

وعلى الفور، ينطرح السؤال الأوّل: كيف نحدّد الإنسان الأوّل بين كلّ الكائنات التي تتمتّع، من قريب أو من بعيد، بخصائص متشابهة فيما بينها. الوقوف، اليد الأخّاذة بفضل تواجه الإبهام مع باقي الأصابع؟ سعة الجمجمة ليست رائزاً كافياً: في الواقع الأهمّ منها هو تكوين الدماغ لكنّنا لا نعرف شيئاً عن دماغ ما نسمّيه الإنسان الأوّل أو الناس الأوائل. قد نميل إذن إلى القول، ربّما لأنّه لا يمكن بناء تفكيرنا إلاّ على هذا الأساس، إنّ الأداة، مهما كانت بدائية، تبدو في النهاية كالشاهد الأوّل على البشرية. وكما قلنا، الأداة ليست ظاهرة وراثة، كعصا الشنبنزي التي يرميها بعد الاستعمال، بل هي ميراث، نحتفظ به ويتحوّل مع الوقت إن من جهة مادّته أو صناعته. إنّها فعلاً بداية حضارة. الأداة ليست فقط المادّة الملائمة التي نلمّها من هنا أو هناك، ضمن الشكل الذي أعطتها إيّاه الطبيعة والظروف، إنّها مادّة معدّة للاستعمال الذي نريده لها، إنّها شكل معقلن.

فيما مضى كان هناك نزعة إلى تحديد موقع هذا الإنسان الأوّل عند حوالي 000 00٤ سنة قبل عصرنا، اليوم وبفضل اكتشافات حديثة نوعاً ما، يُحكى عن ملايين السنين، ممّا يجعل مفهومي الأوموسابيان Homo sapiens والأومو فابير homo faber تبدو أكثر التباساً بكثير.

لوسي Lucy أو الملامح الأولى

هناك حتماً البقايا «البشرية»، وتبدو اليوم حدود كينيا وأبشينيا (أثيوبيا القديمة) حقلاً ممتازاً للأبحاث، من الألديفاي Olduvai في تنزانيا إلى الأومو Omo في أثيوبيا، الذي يروي بحيرة رودولف، يوجد عدد مثير من المواقع التي تقدّم لنا، منذ عشرين سنة، شواهد تقلب بعض الشيء شجرة النسب البشرية الموضوعة منذ حوالي نصف قرن. قد يكون هناك، نوعاً ما، مهد العرق البشري؛ فهناك وُجِدت عظام بشرية متحجّرة، تعدّ من الأقدم، بالإضافة إلى الكثير من الحيوانات، وأحياناً صناعة بدائية جدّاً. هذه الآثار تنتمي إلى الفترة البلستوسينية (بداية العهد الرابع)، أي بين 2,6 و 1,5 مليون سنة. وبالضبط في وادي الأومو تمّ اكتشاف الهيكل العظيم الأكمل، وهو هيكل فتاة شابّة أطلق عليها علماء ما قبل التاريخ اسم لوسي.

إذن تبدو إفريقيا الشرقية كالبؤرة التي انطلق فيها النوع البشري من جذع الرئيسات أي المخلوقات الأوّلية القردية ـ البشرية. وهناك سنّ عمرها حوالي 11,5 مليون سنة، اكتُشفت في نغوروا N'Gorora بالقرب من بحيرة بارينغو Baringo، تدلّ بوضوح على سلالة الرئيسات. ويتوجّه النشوء والتطوّر عبر اكتشافات زوتاغام Zothagam حول فترة تعود إلى حوالي 5,5 أو 5 ملايين عام. ثم أظهرت اكتشافات العام 1972، قرب بحيرة رودولف، أن

الرئيسات ورجال أوستراليا الأوائل كانوا يعيشون معاً منذ أكثر من 2,6 مليون سنة. وكانت السعة الداخلية في جمجمة الفرد من الرئيسات تبلغ 880سنتم^3، بينما تبلغ 500 عند رجل أوستراليا الصلب، 620 عند رجل أوستراليا الضامر و 750 عند الرجل البدائي الذي كان يعيش منذ مليون سنة.

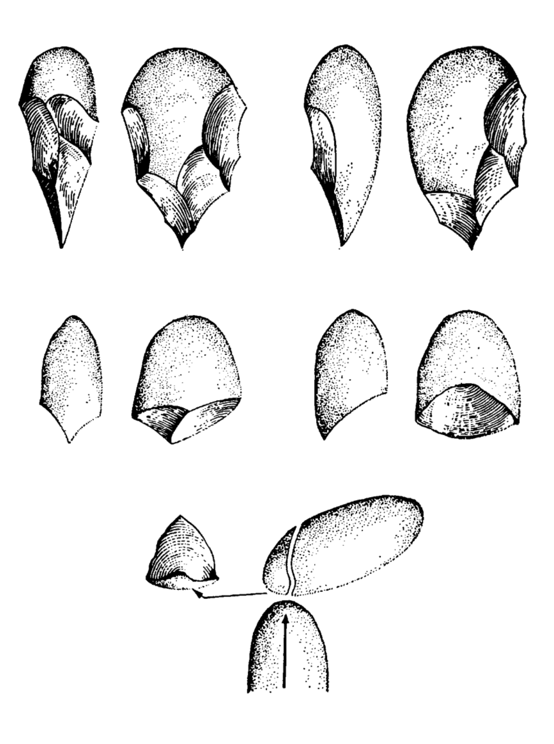
لقد أدّت مجموعة المواقع المنقوبة في هذه المنطقة إلى عدد من الاستنتاجات المهمّة، وبإمكاننا اليوم أن نميز إنساناً أوسترالياً قديماً «ثقيلاً»، لم يكن يأكل سوى الأعشاب ولم يكن يألف السير على قائمتيه الخلفيتين، كان يتنقّل دون شك متكئاً على سلاميات أصابع يده (مثل حيوان الغوريلا أو قرد السعلاة اليوم). أمّا الإنسان الآخر وهو أكثر ضموراً، فكان ذا قدمين ويتغذّى بكلّ شيء، إنّه يمثّل نوعاً أكثر تطوّراً.

إنّ أقدم جهاز أدوات عرف حتّى اليوم اكتُشف في عدّة مواقع من وادي الأومو والضفّة الشرقية لبحيرة رودولف. انطلاقاً من 2,5 مليون سنة خلت، استعملت الرئيسات حجارة متكسّرة، حصوات مشغولة، عظاماً مبريّة وأسناناً ذات طبيعة حادّة (أنياب فرس النهر والخنزير بصورة خاصّة). عند منتصف العام 1972، كان بحوزتنا بقايا 26 فرداً وأكثر من 300 أداة.

إلى عهد قريب، كان علماء ما قبل التاريخ متّفقين على اعتبار أنّ الأدوات الأولى كانت هذه الحصوات المشغولة، التي أسماها الإنكليز choppers أو pebble tools. يكفي أن نقلع شرارة أو شرارتين من حجر أصغر من قبضة اليد كي نعطيها حدّاً منتظماً قليلاً أو جيّداً، بإمكانه أن يقطع أو يقشر. من هذه الأداة البدائية، البدائية جدّاً، تمّ اشتقاق القبضات الصوانية، التي كانت تميّز العديد من الصناعات الحجرية القديمة والتي كان يعطيها نحت دقيق شكلاً مثلّثاً. هذه كانت الصورة الكلاسيكية المسلّم بها عموماً، ثمّ جاءت اكتشافات 1972 لتطرح المسألة مجدّداً على بساط البحث (شكل 2).

الكثير من هذه الأدوات لم يُكتشف في مكانه بل أوصلته إلينا الانجرافات بعد أن أخذته تيارات الماء ونقلته. لم يكن بالإمكان تحديد تاريخ الشرارات الحجرية، إلاّ أنّ حصى الكوارتز المشغول الذي اكتشفته البعثة الفرنسية إلى وادي الأومو عام 1969 كشف عن عمره بفضل غلاف الرسوبات التي تحيط به: من 2,2 إلى 2,1 مليون سنة: قد تكون هذه الأداة إذن، وحتّى اكتشافات جديدة، أقدم أداة معروفة، ولغياب أدوات مصنوعة من مواد أخرى يقول البعض إنّها الأداة الوحيدة، الأداة العالمية.

ثمّ اكتشفت بعض الشرارات الحجرية في مكانها في طبقة حصى جيولوجية تعود إلى أكثر من مليوني سنة، مع القليل من الحصوات المشغولة وبعض أسنان لناس أوستراليا



شكل 2 ـــ نماذج عن أدوات رجل أوستراليا القديم.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «الحركة والكلام»، منشورات Albin Michel، باريس 1964).

القدماء. وقد بدا أنّه تمّ استعمال الشرارات الكبيرة فهذا ما دلّت عليه الأثلام والأخاديد الظاهرة على الحدّ، إذن كان ينبغي إعادة النظر بكلّ شيء، فقد لا تكون الحصوات المشغولة هي الأدوات بل بقايا المادّة الأوّلية التي استعملت للحصول على الشرارات. وهكذا ينقلب تاريخ الأداة الأكثر بدائية، لكن ألسنا هنا بمعرض مجرّد فرضية عمل؟

عام 1959، وجدت مدام ماري ليكي Marie Leakey في أولويڤاي حصوات مشغولة، أرجعت إلى الرئيسات الأولى أي، في هذه المنطقة، إلى ما بين 1,8 مليون و 800 000 سنة خلت. قبل هذا لم نكن نعرف سوى بعض الحصوات المشغولة، في المغرب وإفريقيا الجنوبية، وتاريخها يعود إلى حوالي المليون سنة. ومع حصى وادي الأومو المشغول، «المصنوع»، اقتربنا من 2,2 إلى 2,1 مليون سنة، كما أننا نرجع الشرارات الحجرية المكتشفة حديثاً إلى نحو 3 ملايين سنة.

قد يكون إذن بالإمكان وضع سلالة، مؤقّتة بالطبع، نصوّرها في ما يلي:

إنسان أوستراليا القديم الثقيل	الأومو أبيليس Homo Habilis	الإنسان البدائي
	إنسان أوستراليا القديم الضامر	
انقرض	أوموسابيان (الإنسان العالم) Homo sapiens	انقرض

لنستند إلى أ. لوروا ـ غوران الذي كتب قبل كلّ اكتشافات وادي الأومو الأخيرة:

إنّ صناعة الحصى الإفريقية تتطابق بحق مع ما يمكن أن نتصوّره الشكل الأوّل المميّز للحصى الخام، والتعرف إلى المنتوجات الأولى للصناعة البشرية ليس أمراً سهلاً وقد شغل علماء ما قبل التاريخ منذ ستّينات القرن التاسع عشر. في حين أنّه من السهل التعرف إلى أدوات انطلاقاً من لحظة تعرضها لترتيبات ثانوية تعطيها شكلاً ثابتاً، فمن الصعب الحكم بشأن أحجار مبرية قد لا تكون أكثر من شظايا خام.

لنكمل الإسناد لأنّه يطرح على وجه الدقّة مسألة تدخّل بشري واع. «للحصول على الشرارات الحجرية، ينبغي أن تأتي الصدمة نتيجة اتّجاه وقوّة يفترضان أغلب الأحيان تدخّلاً واعياً، ولكن بعد آلاف الصدمات التي يسبّبها ارتداد الموج أو سقوط الماء على الحصى، نحصل بالصدفة على عدد من الشرارات البشرية ظاهرياً.» إذن فيما عدا تصرّفات الطبيعة الأداة هي بحق نتيجة عمل جسم ودماغ الإنسان القديم. «من الطبيعي إذن أن يعطى لعضو اصطناعي كهذا مقاييس الأعضاء الطبيعية: ينبغي أن يخضع لأشكال ثابتة، لنماذج وقوالب

حقيقية». وبالنسبة لعلماء ما قبل التاريخ يتطابق الحصى المشغول مع نموذج تصدّق عليه ملايين الأشياء.

ومن الضروري وجود حجرين، أحدهما يكون القادح.

تقع (الصدمة) على أحد الأطراف، عاموديّاً على المساحة، وتقتلع شرارة تترك على الحصى حدّاً قاطعاً؛ وينتج عن شراوتين أو ثلاث أخرى حدّ أكثر طولاً وتعرجاً. هذه العملية على أحد الوجهين تحدث ما يسمّى Chopper، وعلى كلا الوجهين تحدّد ما يسمّى Chopping-Tool. يجب الاستنتاج أن هذه العملية تستلزم نوعاً واحداً من الحركة، وهو الأسهل: طرق طرف الحصى بزاوية 90 درجة. كلّ حركة تلد جانباً قاطعاً هي فعلاً النقطة التي يصعب أقلّ منها تحديد أية هوية.

بمتناول إنسان أوستراليا القديم، من أجل صناعة أداته، أبسط حركة ممكنة هي الحركة التي يقوم بها عندما يريد أن يكسر العظم ـ وهناك كمّيات من العظام المكسورة ـ، أو أن يسحق ثمرة جوز أو أن يصرع حيواناً ما بضربة. إنّ هذه التقنية تتطابق مع ما نعرفه من دماغه، إنّها بشرية و «تبدو منسجمة مع تكوين الكائن الصادرة عنه، وهي تستلزم حالة وعي تقني حقيقية».

لا نزال عند حدود الطرح الراهن للمسألة. اعترف لوروا ـ غوران بأنه «من الصعب أن نذهب أبعد من مخلوق أوستراليا القديم في البحث عن أصل الأداة. ولا أتكلّم عن هذا العجز دون ندم لأنّ هذا المخلوق حتماً ليس نقطة انطلاق العمليات اليدوية». دون شك لم نجد بعد آدم ولا حوّاء ويستحيل القول ما إذا كنّا ما نزال بعيدين عن هذا الأمر. وحديثاً جدّاً بصعودنا حوالي 600 كلم شمال أديس ـ أبابا، جاءت اكتشافات أخرى وهزّت بعض الشيء الفرضيات الموضوعة حتّى ذلك الحين، وهنا أيضاً رأينا حياة مشتركة لمخلوقات أوستراليا القديمة مع عناصر بشرية.

هل توقّفت هذه البشرية الأولى عند حدود إفريقيا الشرقية التي وصفناها أعلاه؟ يبدو الآن أنّ بعض البقايا، التي كانت مهملة حتّى الآن في بلدان أخرى، بدأت تجذب الأنظار. لقد وُجد في شيلاك Chilhac، ليس بعيداً عن بوي Puy، في فرنسا، ثلاث أو أربع حصوات مشغولة (Pebble Tools)، في رواسب سيلية أُرجعت إلى ثفل بحيري ومواد بركانية، وأعطت محاولات تعيين التاريخ 1,8 مليون سنة. نحو مليون سنة خلت كانت الرئيسات تعيش على الشاطىء اللازوردي Côte d'Azur وكذلك على ضفاف نهر السوم Somme. كما وُجدت حصوات مشغولة في إسبانيا، إيطاليا، ألمانيا ويوغوسلافيا.

هكذا، بفضل البقايا البشرية، وبفضل «الأدوات» التي ترافقها، كان بالإمكان إعادة

الإنسان الأوّل إلى حدود ثلاثة ملايين سنة خلت. إنّ حياة السلف في كهف ڤالونيه Vallonnet، قرب Roquebrune-Cap-d'Ail، كانت صعبة جدّاً، كان البرد يحيل غابات الحور إلى سبسب (ساڤانا)، وحتّى إلى سهب، كان الكهف عبارة عن مختلى أكثر منه مسكن. كان الغذاء يتألّف من الحيوانات البرّية، مثل وحيد القرن، الغزلان أو البقريّات وجميعها تقريباً مسنّة، وحتّى من حيتان، وجدنا بعض فقرات منها، وحيوانات فقمة وجدنا فكوكها، حيوانات مسنّة كان يسهل اللحاق بها، حيتان منقلبة، نصف نتنة أي أسهل للتفسّخ بواسطة حصوات مشغولة. بالطبع لم يكن بالإمكان الذهاب إلى أبعد من هذا.

مراحل التطور

لقد كان الإقلاع بطيئاً بصورة خاصّة، وهذا أمر طبيعي. لقد رغب أحد الصحافيين بحصر كلّ التطوّرات التقنية على مدى سنة واحدة من الزمن، فكانت النتيجة أنّ الأداة الأولى ظهرت في أوّل كانون الثاني، النار بين الأوّل والسادس عشر من تشرين الأوّل، الطقوس الجنائزية الأولى في 22 كانون الأوّل، مولد الفنون في 28 كانون الأوّل، الزراعة والثورة النيوليتية (أي في العصر الحجري الأخير) في 30 كانون الأوّل الساعة 17، مكنة البخار في 31 كانون الأوّل عند الساعة 23 و 20 دقيقة، والطاقة النووية عند الساعة 23 و 54 دقيقة و 35 ثانية. نلحظ إذن مدى الفسحة الزمنية التي تفصل الاكتشاف التقني الأوّل عن الثورة النيوليتية التي نوردها في الفصل التالي.

أكثر الأحيان، على الأقل منذ بعض السنوات، كانت أعمال علماء ما قبل التاريخ تفتقر إلى المنهجية، كان الموضوع يتوزّع في تسميات يصعب تحديد مواقع بعضها بالنسبة للأخرى، هذا بالإضافة إلى التفاوت بين المناطق التي كانت تجري عليها الدراسات. دون أي شك، لا يوجد حالياً محاولة للتوضيح أدقّ من المحاولة التي قام بها أ. لوروا ـ غوران A. Leroi-Gourhan على مدى مؤلّفاته المتنوّعة، إذن لن يعجب القارىء من رؤيتنا نتبعه خطوة خطوة.

تصنيفات

أن نذكر مراحل التطوّر، في مجال الأدوات الحجرية المنحوتة، هو أوّلاً وضع ترتيب أو تصنيف على أكثر ما يكون من الدقّة: هكذا فعل روّاد العلوم الطبيعية. وليس فقط التصنيف، في المجال الذي يهمّنا هنا، أي إيجاد مقاييس وخصائص محدّدة بوضوح، ولكن أيضاً تصرّفات، لصناعة الأداة الحجرية وأيضاً لاستعمالها إذا أمكن. ما أن يضع الباحث القائمة حتى يصبح بحوزته قاعدة متينة لتعريف الحضارة التقنية التي يدرسها.

يجب أن نتناول المسألة من ناحية تطوّرها وأنظمتها. سيكون من الصعب دوماً، بالنسبة لذلك العصر، أن نميّز التشبّعات، اختلالات التوازن، حيث إنّنا لا نملك سوى قسم من الأدوات، لاسيّما القسم الحجري في حين أن القسم الخشبي قد اختفى وكذلك القسم العظمي جزئياً، وحيث أنّنا لم نعد نملك الأغراض المصنوعة وهي النتيجة الضرورية للأداة. بعد هذا، ينبغي أن نميّز ونصنّف، وأكثر من هذا أن نحوز على رؤية عالمية لتكوين الأدوات. بعد اكتساب المفردات، ولن يمكننا التوقّف كثيراً عند أهمّية هذه المسألة، يصبح بإمكاننا القيام بتصنيفية مفيدة لعصر معيّن، وتحديد موقعه بالنسبة لما يحيطه، وبالنسبة للحضارات التقنية التي تعيش جنباً إلى جنب. قد يكون بالإمكان أيضاً القيام بتقريبات مهمّة بين حضارات تقنية متباعدة في ما بينها: الإشارة إلى التفاوتات، إلى التصاحبات والقوانين، العامّة تماماً، للتطوّر التقني عند مختلف الجماعات واكتشاف مدى ملاءمة تجميع الأصناف.

وعلى الفور نلحظ الفروقات الأساسية. فالأداة هي قطعاً، ضمن شكلها الأوّل، نتيجة تقصيب مادّة أوّلية، مهما كانت بدائية. إن كان الحصى الذي جهّزته الطبيعة والذي يكفي استعماله في ما بعد من أجل غاية معيّنة، أو مادّة تعدّها يد الإنسان بعد تقصيب ملائم لها: ينبغي إعطاء هذا الشيء الشكل والأبعاد المناسبة للتقصيب، وحتّى لأنواع معيّنة من التقصيب. في الحالة الأولى، كانت المادّة الأوّلية، الحصى البدائي، هي ما يجهّز للاستعمال، في الحالة الثانية، تشغل المادّة الأوّلية مسبقاً كي تعطي شظية قابلة للاستعمال بالمعنى التقني.

نعرف أنّ طبيعة المواد لا تقلّ أهمّية بالنسبة لسياق صناعة الأدوات، لكن بأيّ حال، طريقة التحضير هي ما يعطي الإنتاج الحاصل شكله المحدّد. بعبارة أخرى، يعرف الإنسان ما يحتاجه من أداة ويبدأ بالخطوات الضرورية للحصول عليها.

حيث إنّه ينتج عن صياغة الحجر الأساسي عدد من الشرارات، (الشظايا) يتّخذ العديد من المواقف: يمكننا اعتبار هذه الشرارات كنفايات، ويوجد بالفعل كمّيات من الشرارات الحجرية المتروكة بهذا الشكل، كذلك يمكننا استعمال هذه الشرارات كأدوات جديدة. وقد رأينا أنّ السؤال كان قد طرح بالنسبة للأدوات البشرية الأولى. إذن ينتج عن «تقشير» المادّة البدائية، حسب الحضارات والموارد المحلّية، إمّا مخلّفات وإمّا صناعة جديدة. وهنا تُطرح مسألة كيف يُمكن لهذين الموقفين أن يتّحدا.

نصل سريعاً إلى مقاييس للتقصيب، تخضع لطبيعة المادّة، لصلابتها ولأبعادها

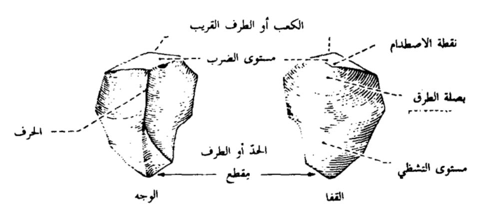
(شكل 3). بالفعل، كانت الدواعي الاقتصادية رفيقة الإنسان الدائمة على مرور حضاراته بجميع مراحلها، وهنا نجد، فيما يتجاوز الأداة، احدى خصائص الإنسان: حتّى أنّه يمكننا القول، إلى حدّ ما، إن الاقتصاد، في الحضارات البدائية كاستعمال الشرارات الناتجة عن التقصيب مثلاً، يظهر مدى التطوّر.

عدا عن التقصيب، هناك الصياغة، وهي تقوم على رفع كلّ الأجزاء الصغيرة من المواد ونسمّيها لمسات أو تهذيبات. إنّها عمل رهافة ودقّة. وهناك العديد من أشكال اللمسات، على جهة واحدة أو على جهتين، لمسات متتالية كنوع من الاقتراب البطيء من الشكل النهائي، ممّا يقتضي إعطاء بعد معيّن لها (شكل 4).

بهذا الشكل يمكننا معرفة مراحل صناعة الأدوات الحجرية، وسيكون من الصعب دوماً، أو من المستحيل، فعلاً ، أن نفسّر تطوّر طرق صناعة هذه الأدوات. وهنا نواجه مسألة معرفة كيف تولد الأداة؛ إنّ الأداة لا تولد بأيّ شكل من تلقاء نفسها، أبداً: تأتي حتماً نتيجة حاجة معيّنة، تسبقها بالضرورة. يجب إذن الانطلاق من أداة موجودة، وتحويلها للحصول على الأداة المطلوبة، أو عند أقصى الحدود، اختراعها. قد يكون من الضروري مثلاً أن ندرس المرور من الأداة الحجرية إلى الأداة المعدنية، ما يفترض تقنيات مختلفة تماماً، وقد لاحظ البعض أن تقليد كلّ من الأداتين يمكنه أن يتمّ باتّجاه معيّن كما باتّجاه آخر. سوف نعود إلى هذا الأمر.

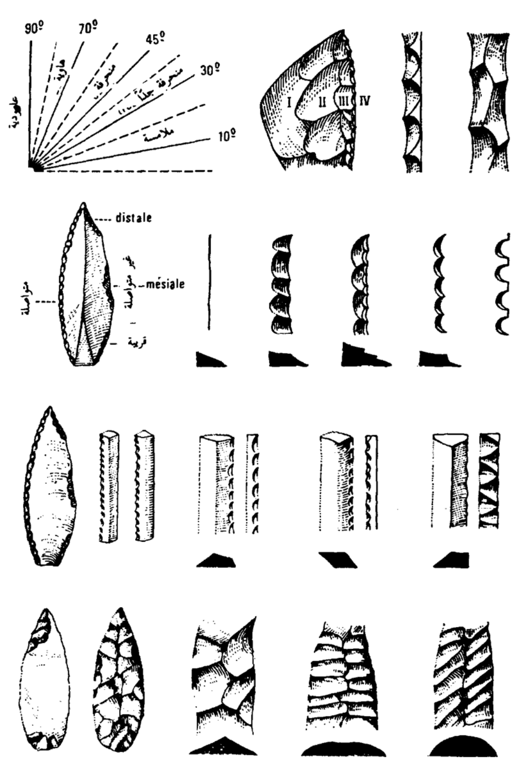
تقدّم لنا الجداول التي سنعرضها، والتي تعود إلى أ. لوروا ـ غوران، صورة مدهشة عن تطوّر التقنيات (شكل 5). يعالج الجدول الأوّل ما سبق أن ذكرناه؛ يشكّل طول الحدّ الحاصل، بالنسبة لوزن معيّن من المادّة، إحدى المعطيات الأساسية. إنّ استعمال شرارات التقصيب، عندما كانت تُستعمل، هو ما ساهم ظاهرياً بازدياد طول الحدود بنسب كبيرة، حتّى صياغة الأحجار البركانية. يُظهر المنحنى حركة تبدو مميّزة ؛ بعد فترة إقلاع، بطيئة نسبياً دون شك، يطبعها تسطّح ذو مغزى لو بقينا عند القبضة الحجرية (ظاهرة الاكتفاء)، سمح استعمال شرارات التقصيب بتقويم على شكل قطع مكافىء حتّى ظهور الأحجار البركانية. هنا نلتقي مجدّداً بنوع من تسطّح في المنحنى: اكتفاء صناعة الحجر المصقول بدورها، وليس بالإمكان الذهاب أبعد من ذلك، باستثناء بعض الإتقانات النادرة.

A
a
b
B
C
D



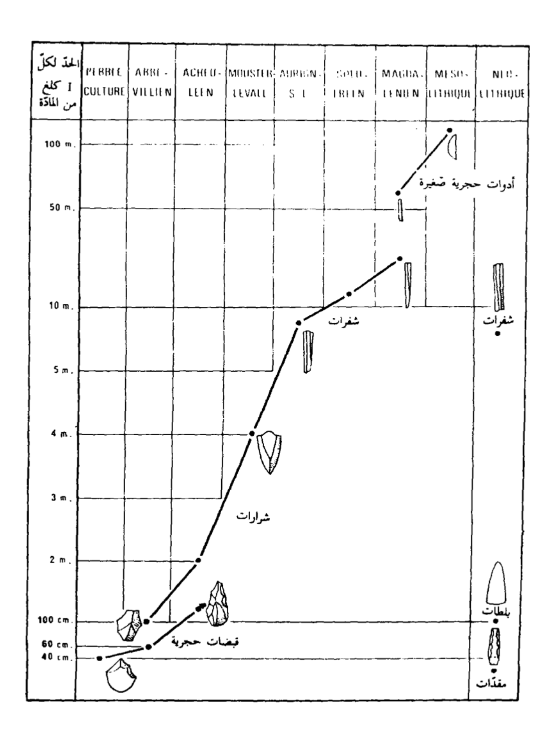
شكل 3. الحجر الأساسي وطريقة تقصيبه.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F، باريس، 1968).



شكل 4. اللمسات.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F. باريس، 1968).



شكل ٥. العلاقة بين طول الحد الحاصل ووزن المادة المستعملة.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «الحركة والكلام»، Albin Michel، باريس، 1964).

الصورة الثانية هي أيضاً صورة تبيانية (شكل 6). يتزايد عدد الأصناف بصورة أسرع من طول الحد الحاصل انطلاقاً من وزن معيّن من المادّة الأوّلية. وفي البدء نرى تزايد المنحنيين أبطأ من منحنى نمو سعة الجمجمة، ثمّ يتباطأ هذا الأخير في اللحظة التي ينهض عندها المنحنيان الأوّلان. في ذلك الوقت، وصلت سعة الجمجمة، وليست هي السبب الوحيد من جهة أخرى ـ فتكوين الدماغ أهمّ منها طبعاً ـ، إلى أعلى نقطة لها.

عدا عن تقنيات الصنع، هناك عنصر آخر مهم هو أصناف الأدوات، والاثنان يرتبطان بعضهما دائماً. نلاحظ، بشكل عام، أن عدد أصناف الأدوات لا يتوقّف عن الازدياد، إنّ أجهزة الأدوات تتطوّر، وتكشف بهذا عن مراحل زمنية لمسنا من جهة أخرى اختفاءات قد لا تكون في الواقع سوى تحوّلات: فهكذا أصبح الـ Chopper قبضة حجرية. ولكن سرعان ما تُضاف الأدوات إلى أخرى، دون أن تتسبّب الأداة المتحوّلة، المعدّة لاستعمال آخر، في حذف الأداة البدائية التي تتمتعّ بدور خاص. أخيراً ينبغي أن نحدّد أنّ سلالة الأدوات ما تزال مبهمة؛ نضع الـ Chopper في صلة قرابة مع القبضة الحجرية، وتشكّل البليطات والمقدّات عائلة قريبة من الفؤوس، القطّاعات والمجارف. بعد هذا يبدو علماء ما قبل التاريخ متّفقين على تمييز بعض الأصناف الكبيرة التالية:

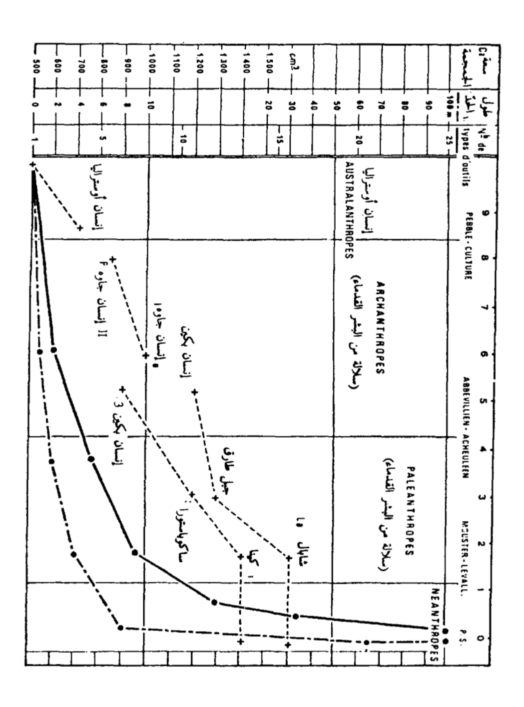
1 ـ الأدوات ذات الحدّ القاطع، من الـ Chopper، أي الأداة الأكثر بدائية، مع إزالة شوائبها من جهة واحدة، ثمّ من الجهتين (Chopping tool)، إلى البليطة، وحدّها الذي يمثّل القسم القاطع موجود مسبقاً، قبل الصياغة، وإلى المقدّ وحدّه الموجود كذلك مسبقاً ثمّ يُهذّب ويُصاغ؛

2 ـ الفأس، البلطة، المجرفة: أغراض مصنوعة من الحجر المصقول، أو من مادّة حيوانية أو نباتية، وتتميّز بخصائص شكلية مهمّة (شكل 7)؛

3 ـ المحافر أو الأزاميل، وهي أدوات ذات حدّ ضيّق نتيجة إزالة رقاقة نسميها «ضربة المحفر». هنا أيضاً يوجد عدد كبير من التنوّعات في الشكل (شكل 8)؛

4 ـ تشكّل القبضات الحجرية، المحكّات والمناحت «مع ما نسمّيه Chopper عائلة واحدة تتميّز بشكل بيضاوي بصورة عامّة، مع أطراف غير متناظرة أكثر الأحيان من جهة محيطها أو من جهة لمساتها». تشكيلة هذه الأدوات كبيرة جدّاً (شكل 9)؛

5 ـ قطع ذات جانب مضروب أو مقطوع، وقطع هندسية: «هناك عائلة كبيرة متنوّعة الأشكال تتألّف من شفرات أو رقاقات، وبصورة أقل من شرارات، تعرّضت لضربات هاوية أو عامودية، مباشرة أو معكوسة، للحصول على تقطيع بأشكال متنوّعة وغير متناظرة تبعاً لمحورها الكبير». تُمثّل القطع الهندسية أكثر الأحيان بواسطة أشكال بركانية؛



شكل 6. التطور نحو تخصص الأدوات.

(عن أ. لوروا - غوران، «الحركة والكلام»، منشورات Albin Michel، باريس 1964).

6 ـ القطع ورقية الشكل، بجانب واحد أو بجانبين، من حجر أو من مادّة عظمية، هي على أشكال لا يمكن عدّها؛

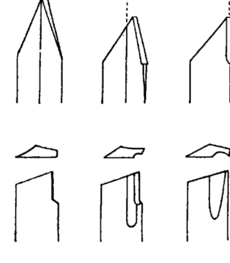
7 ـ لقد تمّ بصورة خاصّة دراسة المكاشط، وتُستخدم لبشر أو حكّ المواد العظمية أو الليفية. «إذن تؤثّر الحتمية التقنية بشدّة على شكل واتّجاه حدّها.» ويمكننا تقسيم المكاشط، من ناحية جانبها الذي يعمل، إلى ثلاث فئات كبيرة: الفئات ذات الإزالات القصيرة، وذات الإزالات الرقاقية، أو المسيّبات (على شكل انسيابي) (شكل 10)؛

8 ـ المثاقب، المخارز: وعدد التشكيلات منها كبير جدّاً. قد تكون المثاقب ذات محور، منحرفة أو ذات زاوية. المخارز هي ذات طرف محوري، منحرفة أو مزدوجة (شكل 11)؛

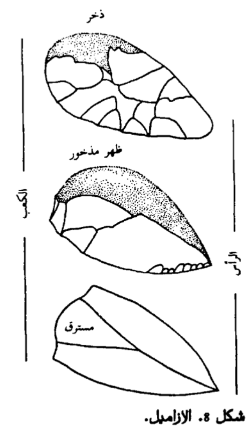
9 ـ تتميّز المناحت العظمية حادّة الرأس، عند كلّ الحضارات، بتشابهات بارزة، وهي إن استُخدِمت غالباً كرؤوس للنبال والحراب، فقد عرفت أيضاً مهمّات أخرى تصعب الإحاطة بها.

بحوزتنا إذن قائمة كبيرة تُظهِر لنا تسلسلات، عائلات، وتشكيلات من الأدوات. يمكننا انطلاقاً من أدوات العمل هذه فقط أن نضع المراحل الزمنية، إلاّ أنّنا نبالغ إن نحن بنينا الأنظمة التقنية على مجّرد مجموعات الأدوات. في الواقع ينبغي أن نأخذ اعتبارين مهمّين، الأوّل يتعلّق بالأدوات: إذ لا يمكن فصلها عن الأغراض أو، بالنسبة للأسلحة، عن الأفعال التي أعدّت من أجلها. لكن معلوماتنا في كلتا الحالتين ليست وفيرة، يوجد بين الأداة والغرض فسحة يصعب طمرها. إذا كان من المفروض أن تفسّر وفرة الأدوات وفرة مثيلة في الأغراض، فالواقع أنّه لا يسعنا اعتبار هذا الأمر صحيحاً مباشرة، وقد رأينا حضارات غنية جداً بالأغراض وفقيرة نسبياً بالأدوات، والعكس صحيح تماماً. بالطبع لم تُغفل هذه المسألة، لكن غياب الأغراض المصنوعة هو عام جدّاً ولا يسمح لنا إذن بوضع استنتاجات عامّة. من ناحية أنّ جهاز الأدوات وجهاز الأغراض يتعلّق كلّ منهما بالآخر، فإنّنا نفتقر هنا إلى تفسير أساسي.

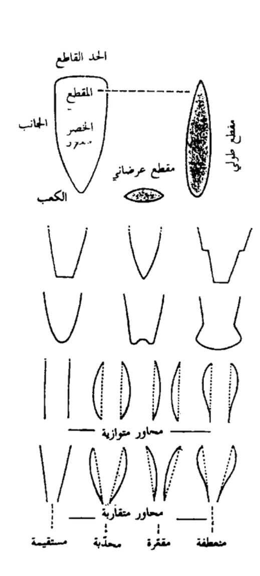
الاعتبار الثاني لا يقلّ أهمّية، فالأداة أو أجهزة الأدوات لا تمثّل سوى أحد مظاهر التقنيات: هناك مظاهر أخرى يمكننا اعتبار جهلنا لها مطلقاً. لنذكر النار، التي ينبغي استبانتها بسهولة في كهوف ما قبل التاريخ؛ في نطاق ما نعرفه حالياً، يبدو أنّ أقدم أثر للنار في العالم موجود في مغارة الإسكال L'Escale، في سان ـ استيف ـ جانسون Saint-Estève-Janson، بالقرب من إيكس ـ آن ـ بروفانس Aix-en-Provence في فرنسا: وقيل إنّه يعود إلى 700 000 أو 600 000 سنة خلت. بعده تأتي نيران تيرّا ـ أماتا Terra-Amata (نيس، فرنسا)، ڤيرستيسولوس Vertèszöllös (هنغاريا) وتشوكو ـ تيان Chou Kou-Tien (الصين). كما



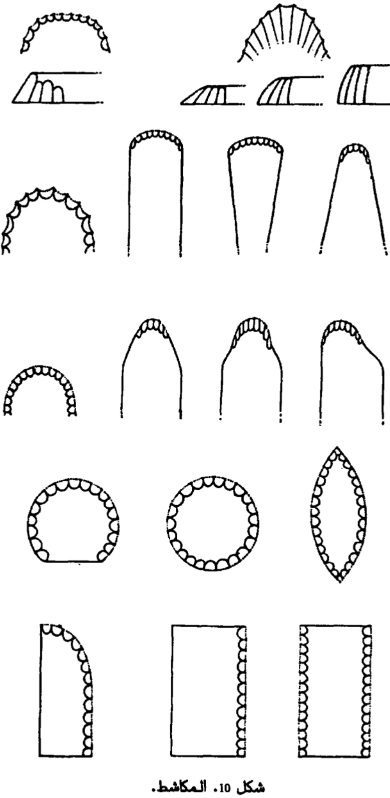
شكل 7. فؤوس، بلطات ومجارف.



شكل 8. الازاميل.
(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F، باريس، 1968).

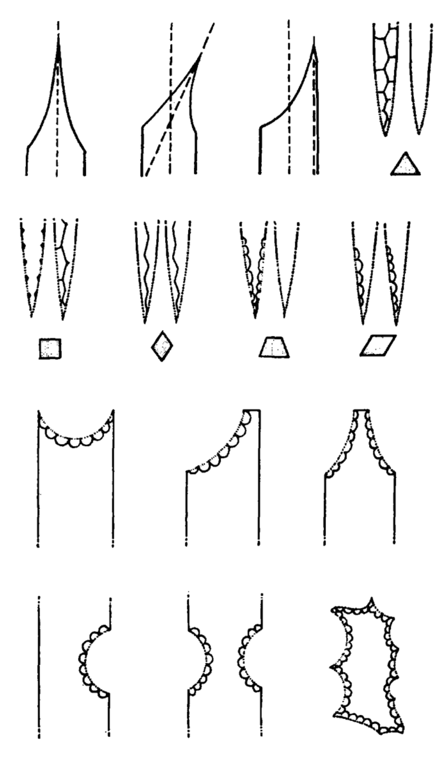


شكل 9. القبضات الحجرية.
(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F، باريس، 1968).



شكل 10. المكاشط.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F، باريس، 1968).



شكل 11. المثاقب.
(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، P.U.F.، باريس، 1968).

يمكننا ذكر العديد من التقنيات الأخرى: الملبس، المسكن، القطاف، الصيد، الكمائن... أكثر الأحيان نتصوّرها، عبر مقارنة أبعد من أن تكون مقنعة، مع الممارسات التقنية للشعوب التي نسمّيها بدائية. وحدها بقيت لنا الأداة الحجرية أو العظمية، وفوق هذا لا نعرف جيّداً كيف ولماذا كانت تُستخدم.

المراحل

سنتابع انتحال ما كتبه أ. لوروا ـ غوران وأعماله مثالية في هذا المجال، إنّه يقدّم لنا بالفعل في مؤلّفاته رؤية عالمية لتطوّر التقنيات تدهش وتطمئن الذهن، في ميدان حيث يؤدّي تراكم التفاصيل غالباً إلى الالتباس. إنّه يميّز عدّة مراحل زمنية يمكنها أن تقع على مستويات أحياناً متباعدة جدّاً.

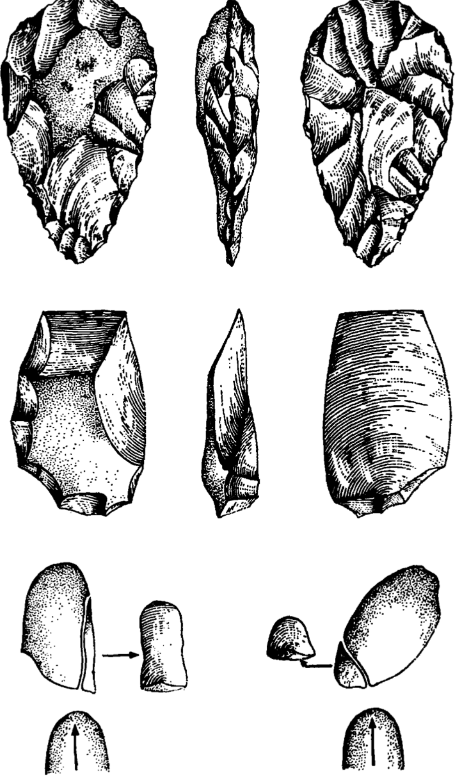
سلالة الأرشانتروب Archanthropes

في السنوات الأولى من القرن العشرين، كان ما نسمّيهم اليوم بالأركانتروب يُعتبرون بداية البشرية، في حين أنّنا نعرف اليوم أنّهم مجرّد حلقة في سلسلة تاريخية طويلة. «كان الأرشانتروب في زمنهم خلفاً لماض بشري بعيد جدّاً».

ناس جاوه Pithécanthropes وناس بكين Sinanthropes هم تقريباً نفسهم أينما كانوا. كان ناس بكين يعرفون النار، والأتلانتروب Atlanthropes يملكون جهاز أدوات متطوّراً ذلك الحين. وكان ناس جاوه يشبهوننا من ناحية عظام الفخذ، كان وجههم كبيراً وسعة جمجمتهم تبلغ حوالي ثلثي سعة جمجمتنا، أمّا جبينهم فيذكّرنا بجبين ناس أوستراليا القدماء Australanthropes، مع مدار كبير، وينتمون إلى العصر الرابع القديم. إلاّ أنّ هناك بعض التطوّرات: تبلغ سعة جمجمة الأركانتروب ضعفي جمجمة أسلافهم تقريباً.

هؤلاء هم من مثّل ومن ابتكر ما اتفق على تسميته بالعصر الحجري القديم الأسفل، وأشهر الأمثلة عليه هو العصر الأشولي Acheuléen. أمّا من ناحية المكان فعدا إنسان جاوه وإنسان بكين، اكتشف الأتلانتروب في إفريقيا الشمالية، والأفريكانتروب في إفريقيا الشرقية.

وحده إنسان جاوه وجد في مسكنه وقدّم آلاف الأدوات المنحوتة من مادّة قلّما كانت مناسبة للاستعمال الذي كان يريده منها. ويظهر الأتلانتروب صناعة يمكننا إرجاعها إلى أشولي بدائي جدّاً، كما أمكننا انطلاقاً من قبضاتهم الحجرية وبُليطاتهم اعتبار أنّ الآخرين كانوا يتمتّعون بحضارة تقنية مشابهة.



شكل 12. نماذج أركانترو.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «الحركة والكلام»، منشورات Albin Michel، باريس، 1964.).

إذن انطلاقاً من الأدوات التي وجدناها عند الأتلانتروب تمكنّا من إعادة تركيب خصائص النموذج الصناعي عند هذه الشعوب الموزّعة على جزء كبير من الأرض (شكل 12).

بقيت الوسائل البدائية قيد الاستعمال، خاصّة التقصيب بالطرق العامودي. تميل القبضات الحجرية إلى أخذ مكان الـ Choppers لكن يبدو أنّه تضاف إليها سلسلة ثانية من الحركات «تُضرب تبعاً لها نواة الحجر ليس عامودياً مع المحور الكبير، بل تماسّاً ممّا يعطي شظايا أطول بكثير وأدق بكثير، قريبة جداً ممّا ستصبح عليه الشرارات المستعملة من قبل الباليتتروب Paléanthropes». إذا بقي جهاز الأدوات مقتصراً على أصناف قليلة، شرارات مستعملة مباشرة أو «أدوات من الحجر الأساسي»، ينبغي أن نلفت إلى ظهور العديد من الحركات الجديدة، الإضافية. لكن، كما يذكر لوروا ـ غوران، «يتطابق هذا الاكتساب مع شيء أكثر من مجرّد عملية جمع، لأنّه كان يتطلّب عند الفرد نسبة عالية من التكهّن في سياق العمليات التقنية». الفرق أساسي مع طريقة عمل إنسان أوستراليا، فقد كان هذا الأخير يدرك أداته ويختار بالتالي الحصى: كانت الإمكانيات كثيرة وخيال صانع الأداة ضيّقاً. بالنسبة للأركانتروب كان الأمر يتمّ تقريباً بالعكس، فقد كان يملك المادّة الأوّلية ثمّ عليه أن يختار، من أجل بليطة مثلاً، النقطة التي سيقتلع منها الشرارة الكبيرة التي سيصبح حدّها الطرف الفعّال في الأداة العتيدة، هذا عدا عن التهذيبات الثانوية. الأمر نفسه ينطبق، ولكن بصورة أقلّ وضوحاً، على القبضة الحجرية.

«إذن كان ذكاء الأركانتروب التقني يبدو ذلك العصر معقّداً لأنّ دراسة صناعته تشهد على امتلاكه لسلسلتين من الحركات تتّحدان للحصول، انطلاقاً من كتلة معزولة قصداً، على نموذج تتكرّر صناعته.».

لم يكن لهذا المجهود الكبير تابعاً مباشراً، فعلى مدى 000 300 أو 000 400سنة، لم تتطوّر الصناعات سوى ببطء شديد. من العصر الشلي Abbevillien إلى العصر الأشولي النهائي قلّما تغيّرت الأداة: فقط بعض الأشكال الإضافية وتحسين في دقة العمل. لا يمكن القول بوقف للفكر التقني آنذاك لأنّه لم يكن أصلاً موجوداً في ذلك الردح الطويل من الزمن. وتُظهر لنا بوضوح المقارنة بين الأدوات التي بحوزتنا، إمّا في الزمان وإمّا في المكان، أنّه إذا كان هناك من تطوّر عند الانطلاق فلم يكن ذلك أكثر من شعلة سريعة الزوال.

لقد قامت محاولات للإحاطة بهذا التطوّر البطيء للأدوات. في البدء إذن، وهنا الحدث الأهمّ، كانت تُحفّف غلاظة القطع بالقادح وتتمّ العملية بواسطة أداة خشبية، إلاّ أنّ بعض القبضات الحجرية كانت تُصاغ كلّيا بواسطة القادح الحجري مع صدمات منحرفة بالنسبة للقطعة. معتمداً على اكتشافات وادي السوم la Somme، ميّز القس بروي Breuil

سبع مراحل حضارية على عهد جليدي واحد وفترتين واقعتين بين عهدين جليديين. ضمن هذا المنظار، يمكننا متابعة كلّ حضارة القبضات الحجرية. بهذه الطريقة ظهرت الأزاميل في العصر الأشولي الأوسط.

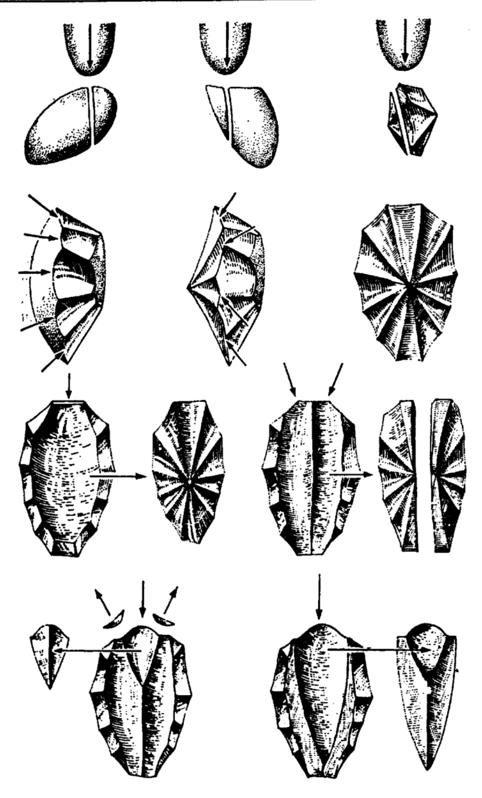
من الطبيعي أن تكون الحضارات متشابكة، متقدّمة في بعض المناطق، ومتأخّرة في البعض الآخر. هكذا الأمر بالنسبة لتقنيات صياغة الشرارات الحجرية، لقد أتقنت حضارة شرارات الكلاكتوني Clactonien طرقها من العصر الشلي إلى العصر الأشولي، واعتقد القس بروي أنّ التطوّر اللفالي (من Levall) المفاجىء ربّما قد حدث عند نهاية العصر الأشولي. ونلاحظ على مدى هذا التاريخ للتطوّر التقني، تفاوتات عديدة من هذا النوع، وأحياناً في مجالات مهمّة جدّاً.

ليس المقصود إعطاء تفسيرات، ولو موجزة، لهذه التحوّلات وهذه التبدّلات، فقط يمكن طرح الأسئلة، التي قد تتطلّب إعادة النظر بشأن معلوماتنا. كيف ولماذا عبرنا من الطور البدائي (عصر إنسان أوستراليا القديم، المسمّى أيضاً شلي) إلى التقنيات الأكثر تطوّراً التي أدّت إلى العصر الأشولي؟ هل يمكننا التكلّم عن انقلاب أم أن الأمر هو مجرّد تطوّر بطيء جدّاً وتدريجي جدّاً؟ إنّ المؤلّفات حول ما قبل التاريخ مخيبة بعض الشيء من حيث إنّها تغرق قرّائها تحت وابل من الاكتشافات والشواهد، لا سيّما أدوات، دون أن تعرض علينا، باستثناء بعض الحالات النادرة، المخطّطات الضرورية ضمن إطار زمني، حتّى لو لم تكن سوى فرضيات، قد تعطينا بالضبط حسّ التطوّر، حتّى لو لن نعرف أبداً الأسباب. مذ ذاك يصبح تحديد موقع «التطوّر» التقني ومحاولة فهمه مهمّة تقريباً مستحيلة.

البالیانتروب Paléanthropes.

نحن هنا بصدد فترة انتقال بين العصر الحجري القديم الأسفل والعصر الحجري القديم الأوسط. إذن الفكرة مبهمة نسبياً وغير دقيقة «وهو أمر طبيعي إذا نظرنا إلى التطوّر كظاهرة تدريجية». لقد اكتشف، في أماكن مختلفة من العالم، كائنات من ذلك العصر وغالباً في مسكنها، يتطابق عصرها مع القسم الثاني من الفترة ما بين الجليدية قبل الأخيرة والقسم الأوّل من العهد الجليدي الأخير، إذن فترة قصيرة نسبياً بالنسبة للسابقة، وتشكّل إذن شاهداً على تسارع التطوّر التقني (شكل 13).

نتيجة التطوّر البشري آنذاك هي النياندرتالي Néanderthalien، وسعة جمجمته قريبة من سعة جمجمة الانسان الحالي. «يجب التسليم بأنّه عدا عن تفصيل ضيق المواضع الجبهية، وهو تفصيل مهمّ، يتطابق دماغ إنسان النياندرتال مع دماغنا من حيث تجهيزه بالخلايا، لا سيّما في مواضع القشرة الوسطى.»



شكل 13. نماذج لبقالية ــ موستيرية.

(عن أ. لوروا ــ غوران، «الحركة والكلام»، منشورات Albin Michel، باريس، 1964).

سوف نشاهد ما قد يمكننا تسميته «الانقلاب» الليفالّي، لنسمع ما يقول لوروا ـ غوران:

في العصر الحجري القديم الأوسّط، حدث تطورّ مهمّ في الأدوات الحجرية، فقد كان أركانتروب الفترة السابقة ما يزالون يتبّعون التقليد البدائي على درجة واسعة، وكانوا ما يزالون يأخذون أدواتهم، القبضات الحجرية والبليطات، من كتلة حجرية كما كان يفعل إنسان أوستراليا بالنسبة للـ Chopper. وكان ينتج عن هذه الكتلة شرارات ذات حدّ قد يكون أو لا يكون قابلاً للاستعمال. في العهد الأشولي، نتج عن تخفيف غلاظة القبضة الحجرية بواسطة الطرق التماسي شرارات كبيرة، عريضة ورقيقة استعملت مذ ذاك كأدوات حادّة قاطعة. وانطلاقاً من تطور تقصيب القبضة الحجرية هذا ولد ما يسمّيه علماء ما قبل التاريخ بالتقنية الليفاليّة. الكتلة التي كان مقدّراً لها أن تصبح أداة ذات شكل لوزي أصبحت مصدراً لشرارات ذات شكل محدّد مسبقاً أصبحت أدوات بدورها. للوصول إلى هذه النتيجة، كان الحجر الأساسي ينُحت أولاً كمشروع قبضة حجرية، ثم يُعدّ لاستخلاص شرارة منه وينُحت من جديد من أجل استخلاصات متتالية وهكذا حتّى نفاده. وقد تصل عملية الإعداد لدرجة يخرج فيها القادح، بضربة واحدة، من الحجر الأساسي إمّا حرفاً مثلّث الشكل، إمّا شرارة دائرية تقريباً، إمّا شفرة طويلة ورفيعة.

ونستخلص: «تمثّل التقنية الليفالّية أكثر ما ابتكرته البشرية تطوّراً بالنسبة لصناعة أدوات الصوّان». ومن حسن حظ علمائنا أنّهم يتمتّعون بوجود كمّية كبيرة من الأدوات وباكتشاف محارف حقيقية يمكننا أن نرى فيها شواهد على كلّ مراحل صناعة الأدوات.

من الصعب، إن لم يكن من المستحيل، تحديد العصر والمكان الذي ولدت فيه هذه الحضارة، ونشير إلى أنّها كانت على وجهين، الوجه موستييه (Moustiers) في الدوردوني (Dordogne) وهو أنّها كانت ما تزال حضارة كهف بينما نرى في ليفالوا Levallois حضارة في الهواء الطلق. حتّى أنّ البعض يقول، بسبب عمق أوجه الشبه، بوجود حضارة شتائية وحضارة صيفية. كان الليفالي يحيط بالبحر الأبيض المتوسّط في حلقة يبلغ عرضها أكثر من ألف كيلو متر: وفي أفريقيا، ينزل حتّى كينيا. وقد افترِض أنّ هذه التقنيات قد وضعت 5000 سنة كي تثبت وجودها، وهنا نرى أنّ رغم سرعتها بالمقارنة مع تقنيات أخرى، فإنّ انتشار التقنيات الأكثر تطوّراً كان ما يزال بطيئاً.

الآن يلفت نظرنا مدى تنوّع الأدوات، رغم أنّه يمكننا استبيان نوع من التكرار والرتابة. الكتلة الأساسية التي كانت تتحوّل فيما مضى إلى أداة، أصبحت الآن مصدراً للأدوات، لاسيّما لأدوات قاطعة فنحصل بهذه الطريقة، عدا عن الأدوات القديمة، على سكاكين ومحكّات، رؤوس حادّة ومثاقب. وهذا يُظهِر ذكاء تقنياً متطوّراً آنذاك. بالطبع كان هناك

صناعة العظم والخشب، لكن لسوء الحظ لم يبق لنا من الشواهد سوى القليل القليل، والباقي اختفى بأكمله. يذكر لوروا ـ غوران أنّه «بالنسبة للصناعة على المادّة العظمية، يبدو أنّ الوضع قلّما تغيّر منذ عهد إنسان أوستراليا.» ويظهر غياب أدوات العظم المشغولة وتكاثر شرارات الصوان التي تشير آثار استعمالها إلى أنّها استُخدِمت لنحت العظم أو الخشب، أنّ شغل الخشب كان آنذاك اهتماماً كبيراً جدّاً للإنسان.

لقد أغفلنا كثيراً ما يتعلّق بغير الأدوات، لا سيما آثار المساكن. دون شك ينبغي أن نترك فكرة الكهف كإقامة شتائية، لكن العديد من الكهوف كان ما يزال يُسكن في ذلك العصر، إذ لماذا لا يُستفاد من وجودها؟ لم نصل بعد إلى مرحلة الانتقال من حالة الترحّل إلى حالة الإقامة والاستقرار، إذن من الأصح أن نتكلّم عن إقامات مؤقّتة أي قابلة للهدم والاختفاء. وبالفعل ليس بمتناولنا من الأمثلة سوى اثنين أو ثلاثة في الغرب وفي الاتحاد السوفياتي، نذكر بشكل خاص مخيّم صيّادي حيوان الرنّه الذي اكتُشِف في بينسفان Pincevent (بالقرب من مونترو Montereau في فرنسا). «تكمن الصناعة التي اكتُشفت في الهواء الطلق في مناطق دائرية بعض الشيء حيث نجد بقايا بعض الأكواخ. لا يبدو أن التنظيم المنزلي كان متقدّماً، كان الناس يعيشون في دائرة يبلغ قطرها بعض الأمتار ويرمون خارجها بمخلّفات استهلاكهم.» هنا أيضاً، لا نتبيّن تطوّراً مهمّاً بالنسبة لوضع الأركانتروب.

أمّا في ما يتعلّق بباقي التقنيات فلا يمكننا الاعتماد إلاّ على فرضيات. فقد نفسّر الآثار البادية على عظام الحيوانات بأنّ الإنسان كان يسلخ فروها أو جلدها إمّا للملبس، إمّا لعدّة المنامة. في الواقع كانت المناخات حيث يعيش النياندرتال متنوّعة جدّاً بشكل لا يسمح لنا بتعميم تفسيرنا كلّياً.

ونعود دوماً إلى السؤال نفسه: كيف ولماذا ولدت هذه الحضارة الجديدة؟ التصوّر هنا لا يكفي. لقد اتّبعت الأبحاث طريقاً معيّنة، هي الوحيدة التي أمكنها إعطاء تفسير ذي قيمة. ربّما نكون، كما أشرنا أعلاه، بصدد المرحلة الأخيرة من تطوّر الجمجمة، على الأقلّ في سعتها إن لم يكن في بنيتها. قد يكون إذن تطوّر الدماغ هو ما دفع بالإنسان إلى تقنيات متقنة أكثر فأكثر. يبقى أن نعرف لماذا استطاعت هذه الجمجمة البشرية التي لم تتغيّر سعتها منذ إنسان لا شابيل ـ أوسان La Chapelle-au-Saint، أن تحقّق مذ ذاك كلّ هذه التطوّرات الغزيرة في مجال التقنيات. ولكن إذا عدنا إلى ذاك العصر المتأخّر، يؤدّي بنا التفكير المنطقي إلى البحث عند النياندرتال عن آثار أخرى لذكاء لم يكن موجوداً عند أسلافهم. هل يوجد مثلاً مدافن؟ هل احتُفِظ بشواهد على رموز بيانية؟

الإجابة عن هذا ليست أكيدة. التنقيبات، وخاصّة التنقيبات القديمة، قلبت المواقع قبل

التمكّن من إجراء بعض الملاحظات والأمثلة القليلة التي لدينا هي أضعف من أن يمكننا استخلاص ما هو مفيد لبحثنا. فالمكان حيث اكتشفت الهياكل العظمية ليس مقنعاً، وهناك حالات قليلة قد توحي بوجود نوع من أكل لحوم البشر: كانت هناك أجساد بشرية بعثرت أطرافها دون شك حيوانات تبحث عن غذاء لها. أمّا اكتشاف الجمجمة النياندرتالية عام 1939 في مون سيرسيه Mont Circe p فهو دليل ضعيف جدّاً؛ كانت الجمجمة قابعة في أرض الكهف، تحيطها بعض الأحجار وكان يبدو تجميع عظام الحيوانات مقصوداً، ويظهر غياب أي أداة أنّه لم يكن مسكناً لأمد طويل. هل هو مدفن؟ وتبدو شعائر الجماجم، شعائر العظام، شعائر الدببة والثعالب نتيجة تأويلات خاطئة. في هذا المجال لا يمكننا قول الكثير دون أن نقع في الخطأ.

أكثر من مّرة لوحظ وجود مادّة المغرة الحمراء في الطبقات الموستيرية، أن نستنتج أنّ هذه الشعوب كانت تمارس نوعاً من الفنون هو مجرّد تصوّر. نقاشات عديدة وتأويلات متباعدة أحاطت باكتشاف تمّ عام 1968 في كهف بيك دي لازيه Pech-de-Laze p قرب سارلا Sarlat في الدوردوني، وهو كناية عن عظمة حيوان تظهر عليها نقوش مشغولة بالصوّان. يصعب تعيين تاريخ هذا الضلع البقري، ويبدو جيداً أنّ هذه النقوش كانت مقصودة: فالخطوط المتوازية، والرسوم بشكل V تبدو واضحة جدّاً بشكل لا يسمح باعتبارها آثار حكّ معيّن، لانتزاع اللحم مثلاً. المكتشف، وهو ف. بورد Fr. Bordes، «لا يخاطر بإعطاء تفسير لهذه النقوش». فقط يعترف بأنّ هذه العظمة المنقوشة هي أقدم عظمة معروفة حالياً، قبلها كانت العظام الأقدم تلك المكتشفة في المستودعات الأورينياسية أو البيريغوردية في العصر الحجري القديم الأعلى. بالمقابل، حاول باحث أمريكي هو ألكسندر مرشاك Alexander Marshack أن يتميّز أوّل ملامح نُقِشت وأي مناحت استُعمِلت، وذهب حتّى الاعتقاد بأنّها عبارة عن رزنامة قمرية. إذن من جهة يعتبر السيد بورد أنّ الأمر هو «نتيجة تسلية صيّاد عاطل عن العمل» بينما يتبيّن السيد مرشاك «دليلاً على مرحلة خضوع لقواعد صُنِع لاستعمال الصورة وإعادة استعمالها بطريقة شعائرية أو طقسية.»، بعد ذلك يستنتج أنّ الصيادين الأشوليين أو من جاء بعدهم مباشرة كانوا يمتلكون لغة معقّدة. ويجد المؤرّخ نفسه في حيرة مزعجة لا تسمح له بالاختيار.

النيانتروب Néantropes

مع العصر الحجري القديم الأعلى نصل إلى عالم مختلف كثيراً ومتطوّر كثيراً آنذاك. «تطوّر بنيات المسكن، أهمّية المواد العظمية المشغولة كأسلحة، كأدوات وكأغراض للزينة، استعمال المواد الملوّنة، ظهور أوّل أعمال الفن المصوّر»، كلّ هذا يشهد على بشرية تحوّلت

في العمق. هنا وصلنا إلى مستوى الأوموسابيان Homo sapiens وأشهر من يمثّله هو إنسان الكرو مانيون Cro-Magnon. هذه الحضارة تتراوح من العام 000 30 ق. م إلى 8000 ق.م.

والتحوّلات كانت مهمّة جدّاً، في هذا العصر لم يعد الإنسان يعيش، باستثناء بعض الحالات، في كهوف، بل أخذ يبني الأكواخ ويرفع الخيم. من جلود يخيطها بمهارة كان يصنع الملابس، وبدأت المجوهرات ظهورها. كونه عمل بالفراء والجلد فقد كان كذلك صياداً، وقد استعمل الرمح القصير للصيد. كما أنّه مارس دون شك وعلى نطاق واسع صناعة السلال وشغل الخشب وقشور الشجر. من الـ Chopper انتقلنا إلى القبضة الحجرية، وهي أداة وجدت على مدى آلاف السنين دون أن تتطوّر في العمق. في العصر الليفالّي، أصبحت القبضة الحجرية أيضاً حجراً أساسياً يعطي شرارات تُشغَل بدورها. «لقد أحدث الموستيريون ربّما أهم انقلاب تقني بكونهم بدأو يأخذون من الحجر الأساسي شرارات ذات شكل محدّد مسبقاً». بعد ذلك وفي الفترة موضع اهتمامنا هنا، «تتابع التطوّر عبر تهذيبات قليلة لطريقة الأخذ هذه»، فنصل إلى شفرات رفيعة أكثر فأكثر ودقيقة أكثر فأكثر. لكن أيضاً تُستعمل هذه الشرارات تبعاً لأشكالها: إذن أصبحت الأداة متخصّصة أكثر فأكثر وخفّت بالموازاة كمّية الفضلات. ولقد تمكنّا من أن نحسب أنّه، نحو العام 000 12 ق.م، في العصر المجدلي، كان الإنسان يستطيع مع 2 أو 3 كلغ من الصوّان المقصّب، أن يحصل على عدّة مئات من الأدوات. وهذه النزعة إلى استعمال الحجارة الصغيرة جعلت الأدوات كثيرة الانتشار، حتّى إلى مناطق لا توجد فيها المادّة الأوّلية.

يظهر لنا الجدول المرافق، الذي أخذناه عن لوروا ـ غوران، كيفية تقدّم جهاز الأدوات وبالتالي مدى تنوّع التقنيات (شكل 14).

تجري المراحل الأولى الثلاث تبعاً لترتيب وحيد، حيث يتم تجميع الأشكال الجديدة المشتقّة من القديمة، ولكن دون ترك كلّي لهذه الأخيرة (...) ونرى المرحلة الثالثة داخلة في طريق جديدة آنذاك (...) وفي المرحلة الرابعة، المفارقة كليّة. عبر انتقال جرى سريعاً بين العامين 35000 و30 000 ق. م.، في أوروبا الغربية، نجد أنفسنا ليس أمام جهاز أدوات مضاعف ثلاث مرات ومتنوّع فحسب، بل أيضاً أدوات وأغراض تذكّر مباشرة بالحضارات البدائية الحالية.

ونستخلص: «هو إذن عالم تقني آخر ينفتح، عالمنا». وشغل العظم، بالنسبة للأدوات كما بالنسبة لأغراض الزينة، يبدو نوعاً من الفتح، لا سيّما أنّنا نجد أماكن أريد فيها تقليد المناحت العظمية بواسطة الحجر.

عندئذٍ قد يكون من الممكن تمييز أصناف حضارية، حتّى لو كانت بعض الأدوات، كالمناحت البلستوسينية، منتشرة على نطاق واسع. ضمن الأدوات العشرين والبدائل المئتين

	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
الحجر	الطرق العامودي أداة على الحجر الأساسي	الطرق العامودي الطرق التماسي أداة على الحجر الأساسي	الطرق العامودي الطرق التماسي الحجر الأساسي المعدّ أداة من الشرارة	الطرق العامودي الطرق التماسي الحجر الأساسي المعدّ أداة من الشرارة أداة من الشفرة
	Chopper الشرارة الكلاكتونية	Chopper القبضة الحجرية الشرارة الكلاكتونية الشرارة الرقائقية البليطة (المحكّ)	Chopper القبضة الحجرية الشرارة الكلاكتونية الشرارة الرقائقية الشرارة الليفالّية البليطة المحك المنحت الليفالّي (الشفرة ذات الظهر) (الإزميل) (المكشط)	الشرارة الرقائقية الشفرة والرقاقة الشفرة ذات الظهر الشفرة ذات المحزّ المفت ورقي الشكل المنحت القُرضة القطع الهندسية المخرز ـ المحزّ الإزميل المثقب
المواد العظمية			(المخرز)	المخرز الإبرة الرمح القصير الكلاّب الدافع العود المثقوب الملوق المبرد المبرد الوتد المحفر
متفرّقات	الصفّاحات	الصفّاحات؟	الصفّاحات (المواد الملوّنة) (المواد المتحجّرة) (الأكواخ) (المفاخن)	المواد الملوّنة المواد المتحجّرة أغراض الزينة المصابيح الأكواخ المدافن الفن التصويري

شكل 14. تطوّر الأدوات

(عن أ. لوروا ـ غوران، «الحركة والكلام»، منشورات Albin Michel، باريس، 1964).

وأكثر أصبح الآن من الممكن إجراء التفريقات ووضع التصنيفات. وهنا نستنتج كم يستطيع مفهوم النظام التقني مساعدتنا على الفهم. «إنّ تطوّر الصناعة العظمية يرتبط مباشرة بتكاثر المكاشط والأزاميل.» ليس فقط تكاثر، بل أيضاً، وخاصّة، تنوّع. ويبدو السكّين والمنحت كأداتين أو كاكتسابين أكبرين.

ليس من الممكن أن نقول أكثر من هذا، تقوم اليوم دراسات في العمق سوف تقدّم لنا بالطبع، مع اكتشافات مواقع جديدة، عناصر مهمّة لفهم هذا التطوّر للتقنيات.

لا يمكن الإنكار أنّ المراحل المتميّزة تُكشف وتتحدّد بواسطة أنظمة تقنية مختلفة، من ولادة الأداة، التي سرعان ما لم تعد وحيدة، إلى «الانقلاب» الليفالّي، ثمّ إلى «انقلاب» العصر الحجري القديم الأعلى. لكن بالطبع، التطوّر ليس مقطوعاً إلى هذا الحد، أي أنّه لم يكن يجري زمنياً بهذا الشكل الفظ، ففي نهاية كلّ مرحلة، كانت تتمّ تحوّلات، واستعدادات بطيئة، وكانت الحضارات التقنية تتراكب.

ينقصنا، وسينقصنا دوماً بالطبع، عناصر للتفسير، لكن يوجد البعض منها: سعة الجمجمة، تطوّر المناخات التي تؤثّر على البيئة بأكملها. إلاّ أنّ الدماغ واليد، والعهود الجليدية المتتابعة ليست كافية للتفسير، فالمجتمعات، والمعتقدات والكثير من الأشياء الأخرى كان لها حتماً تأثيرها الذي يستحيل علينا تقريباً تقدير مداه.

برتران جيل

بيبليوغرافيا

حول هبات الآلهة،

M. Delcourt, «Héphaïstos ou la légende du magicien», Paris, 1957.

M. Détienne, et J-P. Vernant, «Les Ruses de l'intelligence, la mètis des Grecs», Paris, 1974.

J.G. Frazer, «Mythes sur l'origine du feu», 1969.

F. Frontisi-Ducroux, «Dédale, mythologie de l'artisan en Grèce ancienne», Paris, 1975.

P.- H. Michel, «De Pythagore à Euclide», Paris, 1950.

R. Schaerer, «Epitémè et téchnè. Etude sur les notions de connaissance et d'art d'Homère à Platon», Mâcon, 1930.

L. Sechan, «Le Mythe de Prométhée», Paris, 1951.

J.-P. Vernant, «Prométhé et la fonction technique»,

وهو مقال ظهر في «Journal de Psychologie» 1952, ص 419-429.

حول الطبيعة بشكل أساسي،

A. Tétry, «les Outils chez les êtres vivants», Paris, 1948.

حول البشر،

A. Leroi-Gourhan, «L'Homme et la matière», Paris, 1973.

A. Leroi-Gourhan, «Milieu et technique», Paris, 1973.

A. Leroi-Gourhan, «Le Geste et la Parole», 2 Vol Paris, 1964-1965.

A. Leroi-Gourhan, «La Préhistoire», Paris, 1968.

وحول الاكتشافات الأخيرة في أفريقيا، مقالات إيفون ريبيرول Yvonne Rebeyrol في الموند «Le Monde» (76-II-11,72- XII-13, 72- XI-15, 72-X-25, 72-VI-28).

الفصل الثاني

أولى الحضارات التقنية الكبيرة

هناك أحداث تتكلّم عن نفسها؛ لقد اقتضى 30 ألف سنة للأوموسابيان ـ Homo sapiens كي يصل إلى طور الزراعة، خلال ثلاثة آلاف اكتسب الإنسان الزراعة، تربية الحيوانات، صناعة الخزف، المعادن، وبعد ألفي سنة، شرع بالكتابة. لنذكر أ. لوروا ـ غوران Leroi-Gourhan:

ما أن تثبتت الزراعة نحو العام 6000 ق. م، حتّى كانت صناعة الخزف متقدّمة آنذاك، ثمّ نحو العام 3500 بدأت صناعة المعدن والكتابة بالبزوغ؛ ما يعني أنّ 2500 سنة من العمل الزراعي كانت كافية بالنسبة للمجتمعات الشرقية كي تكتسب الأسس التقنية ـ الاقتصادية التي ما زال الصرح الإنساني يقوم عليها.

إن أسباب هذا التطوّر، الذي تسارع بصورة مفاجئة، ما تزال غامضة. على أيّ حال، ما قدّمه الأخصّائيون: تطوّر العرق البشري والتغيرات المناخية. في أوّلى الحالات، تجدر الإشارة إلى أنّ سعة جمجمة أفراد العصر النيوليتي لم تكن أكبر ممّا وصلت إليه سعة جمجمة الباليانتروب Paléanthropes في لاشابيل أوسان La Chapelle aux Saints أو لاكينا La Quina: نحن هنا بصدد ما بين 1300و1500سنتم^3، مثل اليوم. فيما يخصّ المناخ، ما تزال الأبحاث حالياً في بداياتها.

يمكننا أن نطيل الحديث ونفيض فيه حول «اختراعات» تلك الفترة، إلاّ أنّ كيفية تكوّنها ستبقى دوماً صعبة التفسير، وهناك مثلان يظهران الحدود التي يقف عندها إدراكنا. يوجد على سطح الكرة الأرضية بكاملها تقريباً صلصال بإمكانه أن يكون مادّة لصنع الخزف، كان الإنسان يعرف النار منذ القدم ومع هذا وجب الانتظار حتّى فجر الألف السادس ق. م. كي نرى بدايات هذه الصناعة الخزفية. المثل الآخر يذهب تقريباً بالاتّجاه المعاكس؛ من أجل ظهور صناعة معدنية، من أيّ نوع ومن أيّ طبيعة كانت، هي بحاجة، على الأقلّ، لعمليّة تحويل معدن غير خالص، إذن من الضروري الحصول على الأجهزة اللازمة، وعلى الحرارة المناسبة: هذا ما يمكن لصناعة الخزف أن تؤمّنه عند الاقتضاء، وأيضاً يجب أن نفسّر

تكوّن فرن الخزّاف وليست هذه بالمهمّة السهلة. كما يجب أيضاً معرفة المعادن غير الخالصة وتصوّر مسهّلات الانصهار عند استلزامها، وبالتالي كلّ شغل المعدن الذي يختلف جوهرياً عن شغل الحجر. عن كلّ هذه الأمور لا يسعنا الإجابة بصورة مرضية؛ إنّ مؤرّخ التقنيات محكوم عليه أن لا يقترح سوى إشارات زمنية وقد بدأت تتحدّد على نطاق واسع منذ بعض العقود.

تتوفّر لنا اليوم إذن مادّة وثائقية غنية، رغم وجود بعض النواحي المظلمة. وحدها التفسيرات غائبة، وستظل غائبة على الأرجح، فإذا كان من السهل، في النهاية، أن نعرف كيف عمل الإنسان في ذلك العصر للحصول على منتوجات محدّدة، فسيبقى من الصعب دائماً القول بأيّ طرق توصّل. وقد استوعب القدماء هذا الأمر جيّداً، كما رأينا في الفصل السابق، فإسنادهم هذا الاختراع أو ذاك إلى الآلهة أو الأبطال لم يكن فقط مجرّد حلّ سهل، بل نوعاً من الاعتراف بما نجهل، وتعبيراً عن دهشتنا من الوصول إلى هنا.

مراحل التطوّر الذي نتناوله مرسومة بوضوح، هناك أوّلاً «الثورة النيوليتية» وهنا يجب تحديد هذه العبارة؛ هذه المرحلة تقع بين الألف الثامن ونهاية الألف الثالث، وعندئذ ظهرت أولى الحضارات التقنية الكبيرة، في بلاد ما بين النهرين وفي مصر. ثمّ أخذ التطوّر يطال المناطق المجاورة، الميسينية Mycénienne والحثّية، ورويداً رويداً إلى مناطق أخرى متراكزة. وكان يوجد في ذلك العصر، كما في أيّامنا، بلدان متطوّرة وبلدان في طور النمو، ولكن تصعب الإحاطة بحدودها وبتواجدها الزمني: الإحاطة بالفارق بين الزعيم الغولي ڤيرسانجيتوريكس Vercingétorix وكليو باطرة، بين الجرمانيين ومدرسة الإسكندرية، هذا إن لم نحسب الحضارات الأكثر تخلّفاً آنذاك في أفريقيا وأمريكا. تنقصنا على الخصوص الجداول الشاملة، والقوائم الدقيقة بالوسائل التي كانت بمتناول الإنسان.

«الثورة النيوليتية»

نعود أيضاً إلى أ. لوروا ـ غوران:

عند نهاية العصر الحجري القديم الباليوليتي، حدث في المجتمعات المحيطة بالبحر الأبيض المتوسّط انقلاب تقني ـ اقتصادي جذري، فبين العامين 8000 و 5000 ق. م، ظهر النظام التقني ـ الاقتصادي القائم على الزراعة وتربية الحيوانات وبدأت المجتمعات تأخذ شكلاً مختلفاً تماماً عمّا كانت عليه منذ بدء البشرية. أمّا على الصعيد الجيولوجي فلا يفصل بين آخر صياد للثيران البريّة المنقرضة ونسّاخ بلاد ما بين النهرين سوى لحظة واحدة وكان بلوغ الأنظمة الاقتصادية الجديدة نوعاً من انفجار أو ثورة.

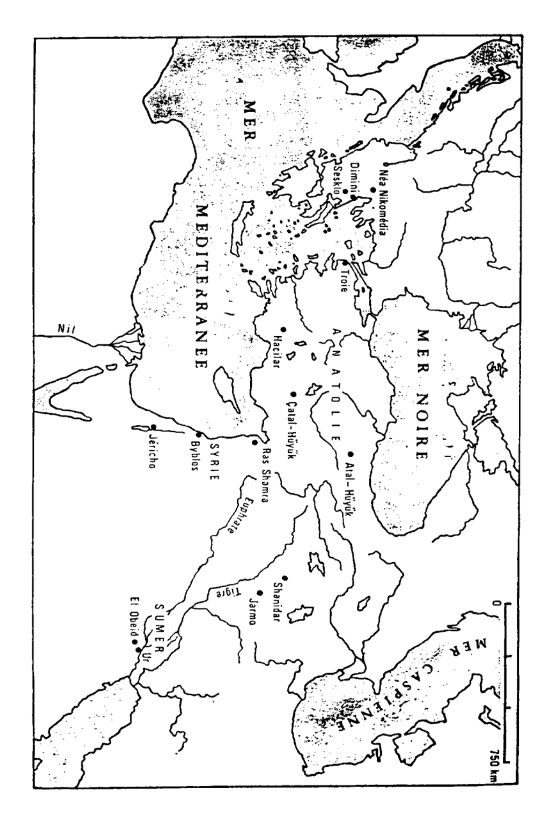
المسألة كلّها تكمن هنا.

لقد تكلّم البعض، وأوّلهم تشايلد Childe، عن «ثورة» في العصر النيوليتي. ويقدّمها عالم الآثار هذا كواحدة من التحوّلات الأساسية التي مرّت بها البشرية، وبالفعل يبدو أنّه في ذلك العصر ظهر أوّل نظام تقني متطوّر، فانتقال الشعوب من حالة الترحّل إلى حالة الإقامة، والزراعة، وتربية الحيوانات وصناعة الخزف، كلّها مكتسبات كبيرة في العصر النيوليتي، أهمّ دون شك من صقل المادّة الحجرية.

كما يبدو أنّ كلّ هذا حدث بسرعة، في الواقع من الألف الثامن ق. م حتّى نهاية الألف الرابع ق. م. ولوحظ أنّ ساتال هويوك Çatal Hüyük، بين العامين 6500 ق. م و5700 ق. م، كانت تتمتّع بحضارة تقنية متقدّمة آنذاك: يكفي أن نرى ونقدّر مرآة السبج (حجر زجاجي أسود) التي خلّفتها كي نقتنع بهذا القول.

هل أنّ الاكتشافات الأساسية، ولا نريد القول اختراعات لأنّ التعبير ليس مناسباً جدّاً، ظهرت بشكل عفوي أم أنّها كانت نتيجة عمل شعوب مقيمة نشرتها تدريجياً؟ لن يمكن أبداً الإجابة عن هذا السؤال، إلاّ أنّه من الممكن، ضمن حدود معلوماتنا الحالية التي تتطوّر تبعاً لنتائج الأبحاث والتنقيبات، أن نحدّد منطقة هي عبارة عن شريط طويل يمتد من تسّاليا Thessaly ومقدونية الإغريقية حتّى شمالي إيران، مع امتدادات نحو الجنوب، في سوريا وفلسطين، وقد أمسكت بزمام التطوّر في الألفين الثامن والسابع ق. م (شكل 1). ونشير إلى الأهميّة المتزايدة لحصاد النجيليات في العراق وفلسطين في الألفين التاسع والثامن ق. م، وقد تُرجمت بجهاز أدوات متكيّف بصورة جيّدة: مناجل، مساحق، قصعات، مدقّات، وكانت الخراف والماعز في طور التدجين، هل نحن بصدد زراعة حقيقية، رغم ظهور الحفر التي تحفظ فيها الغلال في ذلك العصر في العراق؟ على أيّ حال، ينكبّ اليوم الأخصّائيون على دراسة هذه المنطقة المهمّة. وفيها ظهرت الزراعة وتربية الحيوانات قبل صناعة الخزف.

بالطبع بُحث عن أسباب لهذه الثورة التقنية الحقيقية ووجد العديد منها ولكن أيّاً لم يكن مقنعاً فعلاً. تغيّر في المناخ، ظروف طبيعية أفضل؟ لا يبدو أنّ هذه الحجج تصمد طويلاً. فمن المفروض في الواقع أن يكون تغيّر المناخ قد طال أيضاً إيطاليا وإسبانيا وكذلك كلّ المناطق الواقعة في نفس الحيّز الجغرافي. ومن العبث البحث عن أيّ نوع من الوحدة في هذا الحيّز نظراً لكثرة الاختلافات الطبيعية والمناخية، خاصّة أنواع التربة. وكان لورروا ـ غوران يشير إلى أنّ المنطقة المدارية لا تحتاج إلى تخزين وبالتالي إلى زراعة، فطبيعة المحصولات وتتابع المواسم الناضجة يكفيان لمعيشة شعوب كثيرة العدد نسبياً. إذن لماذا المناطق الشمالية وما تفترضه؟ التفسير الوحيد القيّم يقوم على أساس التصوّر وهو أنّ الإنسان



شكل ١. البحر الأبيض المتوسط الشرقي في العصر النيوليتي.

قد يكون وصل آنذاك إلى نضوجه التقني الكامل. هنا نعود إلى المسألة التي سبق أن تناولناها: الأمر يعود إلى تكوين الدماغ أكثر منه إلى سعة الجمجمة. عندما نعجز عن إعطاء تفسير لمسألة معيّنة، نتوجّه إلى ميادين أخرى من البحث كما لو كنّا نريد أن نبرّىء أنفسنا ممّا نجهله.

الخريطة التي نعرضها هنا نُفِّذت بعد كلّ الاكتشافات الحديثة والمهمّة، وهي تظهر المنطقة التي جرت فيها تطوّرات تقنية حاسمة؛ لا نجد في أيّ مكان آخر في ذلك العصر كلّ هذه الكمّية من التجديدات.

من الترحل إلى الإقامة

منذ الآن نفهم ونلمس مدى أهمّية مفهوم النظام التقني. لا يمكن للزراعة أن تتوجد دون استقرار الشعوب ولا يمكن للشعوب أن تستقرّ دون زراعة، الإقامة هي إذن ضرورة ونتيجة في آن واحد. الزراعة وتربية المواشي هما أيضاً سبب وفعل، حتّى لو كان القطاف وصيد الطيور والأسماك نشاطات متمّمة وستبقى كذلك. وعندما يستقر الإنسان، يضطر إلى تخزين المؤونة وهذا ما يسمّيه لوروا ـ غوران مستلزمات الإقامة في ما يخصّ خزن الغذاء.

لقد ذكر العلماء المراحل التالية لأولى استقرارات الشعوب: نحو العام 7000 ق.م في شمالي العراق؛ 6000 ق. م في بلاد ما بين النهرين، سوريا، لبنان، الأناضول، مقدونية وتسّاليا؛ 5000 ق. م في مصر؛ 4000 ق. م في السودان وبيلوتشستان.

في البدء كانت المساكن متجمّعة وكلّ مسكن عبارة عن غرفة واحدة، وكانت مصنوعة من مواد معدّة لأن تدوم طويلاً نسبياً: بشكل عام من الآجرّ الخام المجفّف تحت أشعّة الشمس. في أريحة، في رأس الشمرة، في كردستان وفي هاسيلار Haçilar في الألفين الثامن والسابع ق. م أصبحت الأبنية ثابتة فعلاً، ووجد فعلاً تجمّعات كانت جدران مساكنها من الصلصال مرفوعة على أسس حجرية. هنا نصل إلى مرحلة أكثر تطوّراً من العصر النيوليتي الأوّل (البروتونيوليتي) حيث كانت المساكن مؤلّفة أيضاً من غرفة واحدة، مربّعة أو مستطيلة، ربّما مع رواق مسقوف، لكنّها لم تكن سوى مجرّد أكواخ، مصنوعة من أوتاد مغروسة في الأرض وجدران من القصب والأغصان المغرّاة بالوحل، أمّا الأرض فكانت كناية عن طبقة من الحصى أو التراب المرصوص. هكذا كان في سيسكلو Sesklo، في تسّاليا وفي نياتيكوميديا Néa Nicomédia في مقدونية الإغريقية. رغم هشاشة هذه الأبنية وخفّتها فإنّها كانت، كما تظهر لنا عناصر أخرى، عبارة عن مساكن ثابتة.

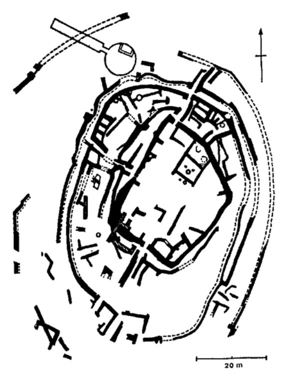
والبعض تكلّم عن وجود مدن معيّنة، لكن يبدو اليوم أنّنا ذهبنا بعيداً بعض الشيء في تفسير المعطيات الأثرية. تشايلد لا يرى «ثورة» مدينية سوى في الألف الثالث ق. م. بينما يذكر أنصار المدن النيوليتية حالتين استثنائيتين: أريحة ما قبل عهد صناعة الخزف، عند بداية الألف الثامن ق. م.، وساتال هويوك في الألفين السابع والسادس ق. م.

بالطبع، يتوّقف الأمر على ما نفهمه بكلمة مدينة. البعض يعتبرها تجمّعاً محصّناً، ويتذرّع ببرج مربّع الشكل في أريحة، وبنوع من الحصن مؤلّف من بيوت يستند بعضها إلى بعض، دون انفتاح على الخارج وتحيط بتجمّع ساتال هويوك. إنّ هذه الأمور قلّما نجدها مقنعة، ففي بلاد ما بين النهرين لم تتعمّم الحصون قبل الألف الثالث ق. م.، وهناك مدن مصرية أو حتّى من الامبراطورية الرومانية العليا لم تعرف أبداً الجدران المحصّنة. وهناك من يذكر بعض النشاطات الزراعية وصناعة حرفية نامية، لكنّ التنقيبات الأثرية ما تزال محدودة ومقلّة في هذا المجال. أمّا مرآة السبج في ساتال هويوك فتشكّل حجّة ضعيفة لأنّها وحيدة، ولم نجد في أيّ من هذه التجمّعات أحياء لصنّاع الخزف. كما أنّنا نعرف أنّ المقياس العددي للشعوب ليس دليلاً كافياً وواضحاً، فإذا أعطينا لأريحة تعداداً من 3000 نسمة فإنّنا نعرف ضياعاً أخرى تعتمد على الزراعة من 10000 نسمة. إذا استندنا إلى المقاييس المعروفة للمدينية ، فإنّنا نجد في مدن بلاد ما بين النهرين وسوريا عند نهاية الألف الرابع ق. م. ذلك الاهتمام بتطوير الطرقات. لقد أمكن القول، بحق دون شك، أنّ هاتين «المدينتين» كانتا تمثّلان في الحقيقة مرحلة ما قبل مدينية.

بالمقابل، ما يمكننا أن نجده هو قلاع من ذلك الزمان؛ إشارة إلى مجتمع متطوّر آنذاك ومدرّج هرمياً. في سيسكلو وفي ديميني Dimini، البقايا فعلاً مذهلة؛ في ديميني يحيط بالأكروبوليس ثلاثة أسوار متراكزة، كتمثيل مسبق للقصور الميسينية (شكل 2). والأمر نفسه في طروادة، التي تأسّست نحو 3500 أو 3200 ق. م. ولكنّها ليست مدناً، إلاّ أنّ هذه القلاع ـ القصور تشهد على استقرار للشعوب وعلى بداية سلطة سياسية معيّنة.

الزراعة

ظهرت الزراعة عند نهاية العصر الميزوليتي، وفي الحقيقة من الصعب تحديد الأحداث فمصادرنا الوثائقية ملتبسة حول هذا الموضوع. إنّ البذور التي وُجدت في المنازل قد تكون صادرة عن نباتات برّية، في البدء على الأقلّ، كما عن نباتات مزروعة، نفس الشيء بالنسبة لبعض الأدوات التي قد تُستخدم للحصاد كما للزراعة، كالمنجل مثلاً. إنّ ولادة الزراعة تتطلّب من الإنسان أن يعرف ويختار الأنواع المثمرة من النباتات المستهلكة، لكن غير المزروعة، ثمّ أن يحسّن عن طريق التهجين. وهناك أمر رأيناه بوضوح: في الأماكن حيث



شكل 2. تصميم موقع ديميني.

(عن ويس ـ طومسون، Prehistoric Thessaly، كامبردج، 1972.)

يبدو ظهور الزراعة للمرّة الأولى، نجدها مرتبطة دوماً بتربية المواشي، وهنا إشارة واضحة إلى وجود نظام تقني. من جهة أخرى، لقد مارس الإنسان في العصور السابقة اقتصاداً غذائياً مختلطاً يجد توازنه في الاستخدام الكامل للعاملين الحيواني والنباتي. إذن كان الانتقال إلى مرحلة الإقامة يستلزم بالضرورة القيام بالنشاطين. مع هذا يتصوّر أ. لوروا ـ غوران وجود بعض مزارعين يكمّلون مواردهم بواسطة الصيد، وبعض رعيان يكمّلونها بواسطة قطاف النباتات البرّية

إذا كانت تربية الحيوانات والزراعة تظهران سويّاً وفي نفس المناطق، فهذا يعني أنّ الظروف الحيوانية والنباتية كانت كذلك مناسبة. بصورة خاصّة، نمت النباتات التي تؤكل بذورها في أنحاء الشريط المعتدل، لا سيّما في المنطقة الجنوبية، إفريقيا، شمالي المنطقة المدارية، الشرق الأوسط ووسط آسيا. نعود أيضاً إلى لوروا ـ غوران:

قبل الجفاف الحالي وفي الوقت الذي تمّ فيه العبور إلى المرحلة الزراعية، كان الاستغلال الدوري للعشبيات ذات البذور يشكّل دون شك جزءاً أساسياً من البحث عن الغذاء، وكان للنجيليات مركز مهمّ بين هذه النباتات: فرغم حجم بذورها الصغيرة تمثّل مأكلاً ذا صفة غذائية عالية يمكن حفظه طويلاً. وقد عرفنا منذ فترة أنّة وجد في مناطق الشرق الأدنى، لا سيّما في شمالي العراق ومنذ منتصف الفترة الجليدية الأخيرة على الأقل، نجيليات ذات بذور كبيرة هي عبارة عن سلف

الزروع الحالية. أمّا الظروف الأساسية لاستغلال القمح البري تدريجياً فقد تحققت في نفس المناطق حيث ظهرت تربية الماعز للمرة الأولى.

بالطبع ليس هناك «اختراع» للزراعة، بل عبور تدريجي من وضع إلى آخر، مع بعض التقاطعات أحياناً بين الزراعة وتربية الماشية.

لم يمكن التعرّف إلى القرون التي شهدت ظهور الزراعة على وجه التحديد كما أنّ العلماء قد اختلفوا حول هذا الأمر، فالبعض يعتبر أنّ الزروع ظهرت في العصر الميزوليتي في فلسطين نحو العام 7800 ق. م.، وفي جرمو وأريحة نحو 7000 ق. م. والبعض الآخر يرى أنّ تزايد أهمّية التجليات في الألفين التاسع والثامن ق. م.، في العراق كما في فلسطين، يتجسّد عبر كثرة نوع معيّن من الأدوات: المناجل، المساحق، القصعات والمدقّات الحجرية، ويُقال أنّ حفظ الغلال التي وجدت في زاوي - شامي وشانيدار في العراق تعود إلى ذلك العصر.

في الألف السابع ق. م. يبدو أنّ زراعة القمح والشعير انتشرت في عدد كبير من مناطق الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسّط، وقد اكتشفت في العصر النيوليتي الأوّل في سيسكلو Sesklo في تِسّاليا زراعة القمح الصلب (Triticum deicocum)، وبرّ القفقاس (Triticum monococum)، والشعير (Hordeum vulgare) والدخن (الذرة البيضاء، Panicum miliaceum). إذا كان الدخن أوروبي المنشأ فإنّ تسّاليا تدين إلى آسيا بالزروع الأخرى، إنّ منطقة الشعير البرّي تمتدّ من الأناضول إلى شمالي إيران. أمّا القمح الصلب فيبدو أنّ مصدره فلسطين وشمالي العراق، كما يبدو أنّ آسيا الصغرى عرفت نوعاً بدائياً آخر من القمح (Triticum aegilopoides).

نحن إذن بصدد زراعة متنوّعة آنذاك، وربّما أيضاً متكيّفة مع نوعيات التربة، ويتجسّد هذا التنوّع عبر أصناف مزروعة أخرى: فقد عُرِف الفول والحمّص منذ العهد النيوليتي القديم وربّما منذ العهد النيوليتي الأوّل، كما عُرِفت آنذاك زراعة العدس أيضاً.

كما في سيسكلو وفي نفس العصر تقريباً، كنّا نجد في نيانيكوميديا Néa Nicomédia، في مقدونية الإغريقية، القمح والشعير وأيضاً الحمص والعدس. ولكن إلى جانب هذا كانت شعوب شمالي اليونان تتغذّى، بفضل الحصاد، بالزروع وبالنباتات البرّية.

واستقرّت الزراعة نهائياً في العصر النيوليتي الحديث، عصر ديميني Dimini، وتوضّحت العلاقات بين الإنسان ومحيطه الطبيعي. وقد تمّ بواسطة الاستصلاح خلق أمكنة مصطنعة يسهل شغلها، ويُحتمل أن يكون الري والتسميد قد بدءا آنذاك. كانت تُزرع بالطبع نفس زروع عصر ما قبل الخزف، والسنفيات التي وجدت كانت دائماً العدس، الفول

والحمص. أمّا فيما يتعلّق بالفواكه، يصعب القول ما إذا كان الإنسان يقطفها بريّة أم أنّ الأشجار المثمرة كانت موجودة، لقد أشير على أيّ حال إلى وجود الزيتون، الإجاص، اللوز والتين.

وقيل أنّ الكرمة قد ظهرت عند نهاية ذلك العصر وتأكّدت في بداية العصر البرونزي القديم، ونعرف أنّ علماء النبات يختلفون حول أصل الكرمة، لكن يبدو أنّ المنطقة الواسعة الممتدّة من البحر الأسود حتّى السند تشهد أكبر عدد من الأصناف البرّية. وقد تكون الكرمة قد انتشرت خلال التدفئة التي حصلت بين الفترتين الجليديتين الأخيرتين، ويدلّ على هذا بعض الاكتشافات التي جرت في وادي نهر النيكار Neckar في ألمانيا.

إذن تمكّنت الاكتشافات الأثرية في السنوات العشرين الأخيرة من الإحاطة بوضوح بالعبور من الحصاد إلى الزراعة. فيما مضى كانت المنطقة تُحصر ما بين البحر الأبيض وبحر قزوين، أمّا اليوم فقد استكشِفت مناطق شمالي العراق، سوريا، لبنان، فلسطين، تركيا وقسم من اليونان حيث وُجدت مواقع شهدت ما بين العامين 8000 ق. م و 6000 ق. م، أنواعاً متعدّدة من الزراعات: هكذا كان الأمر في جرمو، في شانيدار، في زاوي ـ شامي، وفي ساتال هويوك. «كان يتمّ هذا العبور بصورة غير منظورة؛ لقد ذكرنا أنّ المناجل كانت موجودة قبل الزراعة والإحصاءات وحدها تثبت أنّ الماعز لم يعد طريدة. ويقدّم لنا المثل العراقي برهاناً مثالياً لأنّه خلال بضعة قرون، ودون حصول تقلّبات تعرّض البقاء الحضاري للخطر، تجسّد التغيّر على أكمل وجه».

تربية الماشية

يطرح موضوع ظهور تربية المواشي مشاكل على نفس الدرجة من الدقّة، ومن الطبيعة نفسها. من الصعب تأويل المواد التي وصلتنا، لكن يمكننا القول أنّ التربية لم تلغِ الصيد. وهناك أنواع من الحيوانات يستحيل تقريباً تحديد سلالتها، يصعب مثلاً أن نميّز، في العهود القديمة، بين الماعز والخراف.

إنّ ظهور تربية تحلّ مكان الصيد يتطلّب شروطاً بيئوية خاصّة لأنّه يفترض أن يقيم الصياد مع المصطاد علاقات شخصية نوعاً ما، وتخرج عن هذه القاعدة آكلات العشب الكبيرة المهاجرة، التي تمرّ قطعانها مرة أو مرتين في السنة على مرمى الأسلحة؛ وكذلك أيضاً بالنسبة لآكلات العشب الكبيرة السريعة أو الخطرة، كالثور والبيسون والحصان والحيوانات ذات الحجم الضخم التي يصعب الاقتراب منها أو احتواؤها. عندما نقوم بتحليل عناصر العبور إلى تربية الماشية نرى أنّ شروط المحيط الفيزيائي هي أهمّ من الشروط البيو ـ حيوانية وأنّ فرص رؤية تربية الماشية تظهر في سهب أفريقيا أو آسيا الوسطى هي ضئيلة جداً.

لقد أشرنا إلى أنّ الظروف في شمالي العراق كانت مؤاتية لتربية الماعز، وهذا ما يدفعنا للقول بأنّ مرحلة تربية الماشية الأولى قد تكون نشأت في الجبال.

يصعب القول، في الحقيقة، ما إذا تمّ تدجين الخراف أوّلاً أم الماعز، ويُحتمل أن يكون الأمر قد تنوّع تبعاً للمناطق، والتواريخ ليست واضحة، تماماً كما رأينا بالنسبة للنشاط الزراعي. يبدو أنّه تمّ تدجين الخروف نحو العام 9000 ق. م في شمالي العراق كما تُظهِر مواقع زاوي ـ شامي وشانيدار الأثرية، وقد قلنا بوجود تفاوتات كبيرة، في جرمو وفي أريحة، بين تدجين كلّ من هذين الحيوانين: فقد ظهر الماعز هناك 1500 سنة تقريباً بعد الخراف.

في الألف السابع ق. م، نجد الماعز والخراف، وهي أوّل حيوانات تدجّنت، في كلّ المنطقة التي حدّدناها أعلاه بالنسبة للزراعة الأولى. هناك إذن، كما سبق أن ذكرنا، توافق تام، جغرافياً وزمنياً، بين هذين النشاطين البشريين.

لم يتمّ بعد توضيح المرور من التربية الجبلية للماعز والخراف إلى تربية آكلات العشب الكبيرة، إلا أنّه يبدو متعلقاً بالدفع الذي أعطته تربية العنزيات الأولى، لأنّه نما فيما بعد وتوسّع حول المنزل الأساسي. بين العامين 6000 و 3000 ق. م توصّل الإنسان إلى تربية الخروف، الثور، الحمار والحصان، بعد ذلك في السند إلى تربية الجاموس، الدرباني والفيل التي طالت، عبر الشرق الأوسط، آسيا، أوروبا وأفريقيا. في كلّ هذه الحركة المسؤول الأوّل هو الخطوة الأولى لأنّه باستثناء اللامة (الجمل الأميركي)، تشكّل تربية الماشية كتلة تاريخية متراصّة. بعد اكتساب المبدأ، لم يكن تطبيقه على أنواع جديدة صعباً، بعكس المرور من صناعة الخزف إلى الصناعة المعدنية. تجدر الإشارة إلى أنّه، باستثناء الرنّة التي تتطلّب شروطاً غذائية خاصّة جداً، كانت جميع الحيوانات المدجّنة آكلات عشب محضة (بقريات، خراف، خيول، جمال)، حيوانات مجتمعة بكثافة على بساط نباتي يمثّل التجمّع سلوك الهرب عندها. أمّا آكلات الأوراق (الأيليات، التي تعيش حشوداً صغيرة) التي يمثّل التشتّت سلوك الهرب عندها، فلم تدخل نطاق التربية.

ونلتقي دوماً بمصاعب التأريخ نفسها. في العهد النيوليتي الأوّل نجد في سيسكلو، في تسّاليا، نجد الخنزير والثور، وفي نيانيكوميديا، نحو العام 6200 ق. م، الماعز والخروف بجوار الثور والخنزير، وفي جرمو ظهر الخنزير نحو 6500 ق. م، والثور نحو 5000 ق. م.

وبسرعة بدأ استعمال المنتوجات الملحقة بتربية الماشية، ففي ساتال هويوك، شغل الصوف نحو 6000 ق. م، وفي ديميني، في العهد النيوليتي الحديث، عرف الإنسان الجبنة.

مع هذا بقي الصيد وسيلة تزوّد مميّزة؛ في ديميني، في تسّاليا، كان رائجاً صيد الأرخص، الأيل، اليحمور، الخنزير البرّي والقواع، وكذلك صيد الأسماك في هذه الضيعة

القريبة من البحر. لكن هذا النوع من الغذاء كان أقلّ بكثير ممّا كان ينتج عن الزراعة وتربية الماشية.

نشير أخيراً، وسوف نعود إلى هذا الموضوع في معرض حديثنا عن مصر، أنّ الإنسان حاول، حتماً بعد ذلك بكثير، تربية أنواع تركها فيما بعد، كالضبع والكركي مثلاً. وبشكل عام، لم نكشف، في العصر الذي يهمّنا هنا، عن تربية للطيور الداجنة.

لقد حاولت إحدى الأخصّائيات توضيح هذه الأمور:

عندما نرى أكمل حيواناتنا الداجنة وأوسعها انتشاراً تظهر معاً، وفجأة، عندما نسمّيه العصر ما قبل التاريخي للحضارات، لا نجد بدّاً من التساؤل عمّا إذا كان هذا الإنجاز عبارة عن مغامرة لعرق بشري مميّز، يتمتّع بقدرات لم تكن لدى أسلافه؛ عرق عوضاً عن أن يتحسّن ببطء، كان نتيجة تحوّل مفاجىء جعل منه كائناً جديداً.

يجدر بنا أن نعيد هنا ما سبق أن أبرزناه: التوافق التام والتكامل التام بين الزراعة وتربية الماشية. «إنّ النهج الذي بدأ في العصر الميزوليتي، في الشرق الأدنى نحو 8000 ق. م، تسبّب عام 5000 ق. م بتغيير بنية المجتمعات كلّياً، من بلاد ما بين النهرين حتّى تركيا اليونان ومصر. كان الاقتصاد الأساسي يتألّف، حتّى قبل ظهور صناعة الخزف، من اجتماع القمح أو الشعير مع تربية الخروف، الماعز والخنزير، وظهرت آنذاك أولى القرى الدائمة».

وندرك بسهولة مدى تأثير هذا التحوّل التقني الأساسي على أشكال المجتمع، حتّى ولو اختلطت أنماط الحياة في البدء، قبل أن تصبح مشتركة. لقد عاش فعلاً القطّافون، الصيّادون، الزارعون والرعاة جنباً إلى جنب قبل أن يندمجوا كلّياً في مجتمعات مركّبة، مكتشفين ربّما آنذاك نوعاً معيّناً من تقسيم العمل.

الخزف

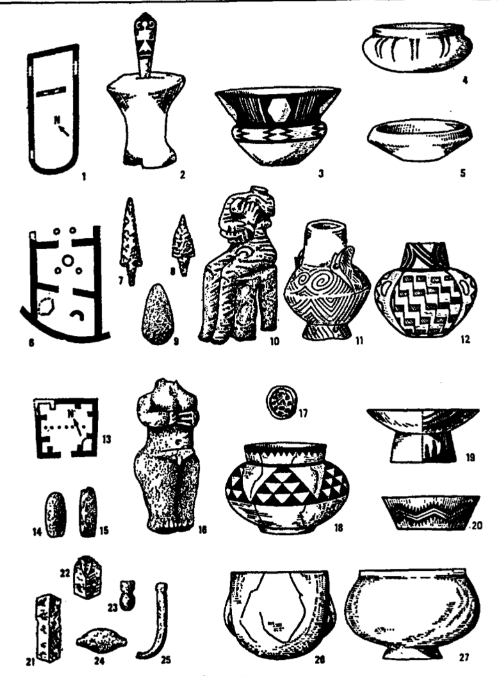
لم يمكننا أن نعرف متى وأين ولدت صناعة الخزف، وهذا أمر طبيعي. الأخصّائيون يتفّقون على كونها لم توجد قبل سنة 7000 ق. م، ففي الواقع توجد المادّة تقريباً أينما كان، ولم تلتق بصعوبة تقنية تُذكر منذ العهد الباليوليتي. في الحقيقة، قلّما يكون الترحّل مناسباً للنشاط الخزفي، فعمليّة التجفيف بطيئة والتنقّلات المستمرّة لا تلائم مادّة هشّة بطبيعتها. إذن ساهمت الإقامة والزراعة في ظهور هذه الصناعة، فالمحاصيل، وخزن المنتوجات، وتحضير الأغذية التي أخذت ترتقي كلّها كانت تستلزم أوعية عديدة ومتنوّعة تضاف إلى السلال المستعملة قبلها. نشير من جهة أخرى إلى أنّ الصلصال كان يُستعمل في البناء أيضاً.

في الحقيقة تختلف الآراء حول هذا الموضوع، فكما بالنسبة للمجالات التي سبق أن تناولناها، كلّ عالم آثار منقّب يرغب في أن يكون مكتشف الوثيقة الأقدم، التي يُرفقها أحياناً بتفسيرات مدهشة تبقى جميعها بحاجة إلى تبرير.

قبل اكتشافات سيسكلو ونيانيكوميديا، كان يُعتقد أنّ صناعة الخزف في ساتال هويوك، في الألف السابع ق. م. أو عند بداية الألف السادس ق. م، كانت استثنائية. لكن على قدر ما يكون التأريخ بواسطة كربون 14 أميناً فعلاً، اكتُشِفت صناعة خزفية في سيسكلو، في تسّاليا، نحو سنة 6500 ق. م، وفي نيانيكوميديا، في مقدونية الإغريقية، نحو 6200 ق. م، بالنسبة لباقي التواريخ التي وصلتنا يمكن اعتبار هاتين الصناعتين الأقدم فعلاً في هذا المجال. والبعض يتصوّر أنّ هذه الصناعة الخزفية نتجت عن الصعوبة التي واجهت تلك الشعوب في صناعة آنية حجرية، وهناك من يرى أنّه في التواريخ نفسها، كانت صناعة الخزف معروفة أيضاً في العراق، في سوريا، في لبنان، في فلسطين وفي الأناضول. وبسرعة برزت تفاوتات على صعيد المناطق وهذا ما يلغي إمكانية وجود مصدر وحيد للاختراع، على أيّ حال، نحو العام 6000 ق. م، تأكّدت هذه الصناعة من منطقة تراس Thrace في اليونان إلى إيران، إلى ساتال هويوك في الأناضول، وإلى رأس الشمرة في سوريا الشمالية.

هذه الصناعة امتدّت بين العامين 6000 ق. م و 5500 ق. م إلى المناطق المجاورة: قبرص نحو العام 5250 ق. م، هاسيلار نحو 5500 ق. م، وجرمو نحو 4600 ق. م. في معظم هذه المناطق جاء الخزف بعد الزراعة وتربية الماشية، عكس ما حصل في المناطق الشمالية من أوروبا حيث سبق الخزف النشاط الزراعي وتربية الماشية، وهذا الحدث مهمّ لأنّه يقضي على فكرة تسلسل منطقي للحضارة المادية.

هنا تُطرح أيضاً مسألة استعمال النار، إذ عدا عن استعمالها للطبخ كانت النار تعطي، نحو العام 3500 ق. م، أصبغة ناتجة عن المغرات الحديدية: والرسومات الصخرية هي أصدق مثال على ذلك. أمّا خبز الصلصال فقد حدث بصورة عرضية في مواقد سكّان الكهوف، ثمّ كان ينبغي تصوّر فرن الخزّاف الذي استعمل أوّلاً لقولبة تماثيل صغيرة. ويعتقد لوروا ـ غوران أنّ الجصّ ظهر في نفس وقت الخزف وأنّه «من بلاد ما بين النهرين حتّى البحر المتوسّط كان يتمّ تحويل الجبس إلى جصّ من أجل تكسية أرض وجوانب الأفران الداخلية». وقد كان يتمتّع الخزف والجصّ مذ ذاك بمقاومة لحرارة تتراوح بين 500 و 700 درجة وبإمكان تجاوز الألف درجة بالنسبة لأجزاء محصورة من الفرن ومهوّاة بشكل مناسب. وسنعود لاحقاً إلى هذه الاكتسابات التدريجية للحرارات المرتفعة والتي تلعب دوراً رئيساً في تحضير عدد كبير من المنتوجات (شكل 3).



شكل 3. ـ النيوليتي الإغريقي.

1، تصميم سكني في العهد الشالكوليتي؛ 2، تمثال صغير؛ من 3 إلى 5، خزفيات؛ من 6 إلى 12 النيوليتي الحديث (ديميني)؛ 6، تصميم سكني؛ 7 و 8، سهام؛ 9، بلطة؛ 10، تمثال صغير؛ 11 و 12، خزفيات؛ من 13 إلى 20، النيوليتي الأوسط (سيسكلو)؛ 13، تصميم سكني؛ 14 و 15، فأس وبليطة؛ 16، تمثال صغير؛ 17، ختم؛ من 18 إلى 20، خزفيات؛ من 20 إلى 25 النيوليتي ما قبل الخزف؛ 21 و 22، شفرات؛ 23، قرص للأذن؛ 24، كرة مقلاع؛ 25، صنارة؛ 26 و 27، النيوليتي القديم: خزفيات.

(عن أ. لوروا ـ غوران، «ما قبل التاريخ»، باريس، 1968).

الصناعة المعدنية

نصل هنا إلى أسرار جديدة وكم خفية؛ فمجرّد قدرة الإنسان نسبياً على استعمال المعادن الطبيعية تطرح مسائل عدّة أساساً. وليس مفهوم المعدن وحده هو الذي يتدخل، بل أيضاً كل المعالجات المناسبة لجعله مادّة للاستعمال: ففي الواقع يجب تسخينه وطرقه، وهما عمليّتان بعيدتان عن التقنيات السالفة. حتّى بريق الذهب والفضّة لا يكفي لتفسير ظهور صناعة معدنية.

والأمر مختلف تماماً بالنسبة لتحويل المعادن غير الخالصة، فمعرفة أنّه بالإمكان استخلاص المعدن من الحجر، ومعرفة اختيار المعدن، وبناء الفرن الذي يفترض اعتبار الحرارة الموجّه الأساسي للعملية، ومعرفة أنّه في بعض الحالات يجب أن يشوى المعدن مسبقاً، وأن نضيف إليه دوماً مسهّلات الانصهار، وإيجاد فحم الخشب ومعرفة ضرورته من أجل هذا التحويل كلّها أمور تستلزم افتراض الأمر عرضياً، وهذا افتراض يصعب أن نتناوله: فرن خزّاف مع حجارة قد تكون معدناً غير خالص، مع الكلس أو الجص كمحلّل ومع الحرارة الكافية في بعض النقاط. هنا من الأفضل أن نعترف بما نجهل وأن نكتفي بالقول مع لوروا ـ غوران أنّ الصناعة الخزفية أوجدت نوعاً من التآلف مع النار.

كذلك يجب أن تكون المنطقة المصدر غنية بالمعادن. هنا أيضاً تبدو لنا كلّ الظروف الحضارية، التقنية، الجغرافية والجيولوجية ضرورية؛ هنا نجد نفس مفهوم البيئة الذي تناولناه بمعرض حديثنا عن ولادة الزراعة أو تربية الماشية. ويشكّل الوصول إلى طبقات يمكن استغلالها ومستوى التطوّر التقني الاقتصادي سابقين ضروريين؛ من المستحيل الاعتقاد أنّ الصناعة المعدنية ظهرت في العهد الأشولي. كما ينبغي اجتماع بعض الشروط الاجتماعية: قد تكون صناعة الخزف نشاطاً عائلياً، لكن ليس بالنسبة للصناعة المعدنية، فهذه الأخيرة ظهرت منذ بداياتها كصناعة من إنتاج الأخصّائيين، الذين يعملون من أجل سوق مفتوح ولعدد كبير من الأشخاص. وتجدر الملاحظة أنّ الشعوب المستهلكة، على الأقلّ في الأوقات الأولى، غالباً ما كانت غير الشعوب المنتجة: كان يُشترى المعدن من الخارج أو يُستولى عليه عن طريق الحرب. الثروات المنجمية لم تكن كلّها داخلة في المناطق التي حدّدناها بالنسبة للزراعة وتربية الماشية، ولكن كانت غالباً عند أقرب أطرافها.

في جنوب شرق البحر المتوسّط نشعر بوجود نوع من بحث تجريبي حول الاستعمالات الممكنة للنار كعامل تحويل للمادّة، فبعد الخزف، بل تقريباً في نفس فترته، نرى ظهور المعدن، الكلس والزجاج. نشير أيضاً إلى أنّ شرقي البحر الأبيض المتوسّط عرف

فحم الخشب وطريقة بناء موقد ذي حرارة مرتفعة، وكما قلنا استُعمل هذا الكلس نفسه كمسهّل للانصهار.

منذ بعض السنوات، تمّ تأخير التواريخ التي عرفت فيها المعادن بشكل أو بآخر. فقد تكون منطقة ساتال هويوك امتلكت الرصاص وخاصة النحاس نحو 6600-6300 ق.م، أي في نفس وقت الخزف، ومنطقة هاسيلار نحو العام 5400 ق. م. وعند بدء الألف الخامس ق. م عرف النحاس كلّ من الأناضول، سوريا، العراق، إيران، كما أصبح سبك هذا المعدن عند بداية الألف الرابع ق. م أمراً مكتسباً. ما هي الحقيقة بالضبط حول هذا المعدن واستعماله؟ من الصعب جدّاً أن نقول، لكنّنا نلتقي هنا بمواقف استثنائية، معزولة، تعود إلى وجود طبقات كثيرة من المعدن. ويمكننا التأكيد أنّ الحضارة الشالكوليتية، إذا أخذناها برمّتها، جاءت بعد هذه الفترة بكثير.

ونجد أنفسنا في نفس الموقف أزاء البرونز، وهو الذي أولد بعض الامبراطوريات. فالبرونز يطرح مسائل ليست أقلّ صعوبة، مزيج طبيعي؟ مزيج مقصود؟ قد لا نعرف الجواب أبداً، ولا ما جاء قبل الآخر.

نشير باختصار هنا، وسنعود إلى هذا الأمر لاحقاً، إلى وجود الحديد في القبور الملكية في ساتال هويوك، في الألف الثالث ق. م، وبكمّيات تجعلنا نعتقد بأنّ صناعة الحديد ولدت دون شك في هذا القسم من الأناضول.

الحجر

لا يجب أن ننسى أنّ الحجر بقي في هذه الأثناء المادّة الأساسية لصنع الأدوات، وحتّى بعد ظهور المعدن، وفي حالات عديدة، كانت الأداة الحجرية تقلّد الأداة المعدنية عندما كان يصعب الوصول إلى الطبقات المعدنية الطبيعية.

وتتفاوت الصناعات الحجرية فيما بينها في المنطقة التي سبق أن حدّدناها، وقد بلغت أوجها في الألف السابع ق. م. في كلّ المواقع التي ذكرناها تمّ اكتشاف شواهد على ذلك النشاط البشري: جرمو في العراق، رأس الشمرة في سوريا، هاسيلار في الأناضول، نبال أورين على الساحل الفلسطيني وأريحة في فلسطين قرب الأردن. أكثر الأحيان، كانت هذه الصناعة عبارة عن صناعة أدوات حجرية صغيرة، بالمقابل، في العراق، كانت الحجريات الهندسية الصغيرة والقليلة تترافق مع صناعة الشفرات والرقاقات والمثاقب الدقيقة. أمّا في شمالي سوريا وفي الأناضول، حيث كانت المادّة الحجرية الميزوليتية فقيرة، لم تكن الصناعة حجرية صغيرة.

ثمّ تتابع الميل إلى تنويع الأدوات، كما توسّعت الصناعة على المادّة العظمية التي ظهرت في العهد الباليوليتي الحديث.

في الواقع، يبدو أنّ نيوليتي الشرق الأدنى تابع في مادّة الأدوات النزعات القديمة السابقة. وأظهر إلى جانب هذا قدرة تصوّر لامعة لم تكن لدى أسلافه.

تقنيات أولى الامبراطوريات الكبيرة

عند نهاية الألف الرابع ق. م وبداية الألف الثالث ق. م بدأنا ندخل في التاريخ. كان الشرق الأدنى يملك عندئذٍ الزراعة، الصناعة المعدنية وتربية المواشي: كان على وشك أنْ يكتسب بسرعة الكتابة والمدينة، وكذلك القوّة السياسية والعسكرية.

بدأت مصر نحو العام 3500 ق. م، بين العامين 3500 و 3000 ق. م تأكّدت مملكتا الجنوب والشمال وظهرت الكتابة. نحو العام 3000 ق. م قام مينْيس بتوحيد البلاد، ونحو 2780 ق. م أسّس جيزر مدينة ممفيس، وافتتح الهندسة المعمارية الحجرية الأولى وبنى الهرم الأوّل في سقارة. مذ ذاك ولدت حضارة جديدة.

نحو 2800 ق. م ظهرت السلالتان الحاكمتان في أوروك وفي أور، والقبور الملكية في أور. هنا أيضاً، وفي نفس الفترة تقريباً، انطلقت الحضارة بسرعة وتوطّدت على مدى القرون اللاحقة. وكانت المعاصرة فريدة من نوعها، حتّى لو لم يبد، في البدء، أيّ تأثير لمنطقة على أخرى.

مصر

عدا عن بعض الألغاز التي لم يتمّ حلّها حتّى اليوم، وعدا عن الآثار التي اخذت من الحضارات المجاورة، لا يمكن معالجة النظام التقني عند الفراعنة دون طرح العديد من المسائل الصعبة.

قبل أن تولد الممالك الأولى، عاش العديد من الناس على ضفاف نهر النيل، صيادو حيوانات وأسماك، مع أدواتهم الحجرية. وأخرج امتداد الصحراء من السهب ناساً جاؤوا وانضمّوا إلى سكّان الوادي والواحات، ثمّ انكبّ الجميع على الزراعة. ارتفع مستوى الصناعة الحجرية وظهرت أولى الخزفيات. إذن نحو العام 3000 ق. م، وحدّ مينيس البلاد وحمل تاجي مصر العليا والسفلى، وطلب نقش الرموز الهيروغليفية الأولى، وقد قيل أنّ بعض رسوم ذلك العصر يذكّرنا بفن بلاد ما بين النهرين.

ظهرت بعض المعادن في العصر ما قبل السلالي: الذهب، الفضّة، الرصاص، عند بداية الألف الثالث ق. م. كان يُستعمل للبناء الآجرّ الخام المجفّف تحت الشمس. ولقد

وجدنا في سقارة، في بلّة، في نجادة وفي حلوان قبوراً للسلالتين الأولى والثانية، وكان الأثاث عبارة عن أوان من الخزف، من المرمر والحجر الصلب، وأغراض من النضيد (حجر ينفلق إلى طبقات).

وفجأة ـ وهنا تُطرح المسألة الأولى ـ تقدّم لنا الإمبراطورية القديمة، من 2778 ق. م حتّى 2423 ق. م، صورة عن حضارة تقنية متقدّمة. من السلالة الثالثة حتّى الخامسة، نرى الأهرام وكلّ تلك الحضارة التي نجدها في الجدرانيات المنقوشة أو الملوّنة. وهذه الجدرانيات، كما في مصطبات تي (نحو 2560 ق. م) ومريروكا (نحو 2420 ق. م)، تكشف إن في مجال الزراعة أو في مجال الحرفيات عن جهاز أدوات تشكّل نهائياً آنذاك، وعن منتوجات متطوّرة جدّاً. وفي ذلك العصر ظهرت الهندسة المعمارية الحجرية، حيث قام إيمحوتيب، وهو مهندس معمار وطبيب، وكذلك وزير لدى جيزر، ببناء الهرم الأوّل في سقارة ومجموعة كاملة من القصور وأمكنة العبادة، حيث نرى للمرّة الأولى هذه الأعمدة الضخمة المضلّعة التي أعطت المجد للكرنك وللأقصر. كنّا في العام 2780 ق. م. أمّا أوّل كلام منقوش، وهو على لوحة مينيس، فقد أعطى صورة عن لغة وكتابة كانتا ما تزالان بدائيتين؛ وفي عهد جيزر بلغ الكلام المنقوش واللغات حدّاً عالياً من الإتقان.

من الصعب أن نفسّر هذا الظهور المفاجىء لنظام تقني متطوّر، وأحياناً يصعب تحديد مادّة تلك الأدوات، الحجرية بمعظمها طبعاً، وربّما نحاسية بعض الأحيان. دون شك، يمنعنا جهلنا بالتفاصيل الدقيقة للتقنيات النيوليتية التي تكلّمنا عنها من أن نقيس الفروقات بين الفترتين. الأمر كناية عن انقلاب أم تبدّل بطيء، لن يكون بإمكاننا القول بصراحة، وهل مسموح أن نحكي عن «ثورة صناعية»؟ يقول م. بوزنير M. Posener أنّه «يبدو أن اختراع أداة جديدة كان يفتح المجال للعديد من الإمكانات: هكذا بالنسبة لاستعمال المطرقة ذات الذراع أو المنكش الذي افتتح، عبر مساهمته في ازدياد قدرة اليد، عهد استعمال الحجارة للبناء والعمل في المقالع والمناجم. مذ ذاك أخذت الاختراعات تتتابع.» ويرى المؤلّف نفسه أنّ فترة الحمل بدأت في العصر ما قبل السلالي وانتهت مع الملوك الطينيين الثلاثة، أي منذ الألف الخامس ق. م حتّى حوالي العام 3300 ق. م. «وانطلاقاً من السلالات الحاكمة الأولى، كان الفراعنة يمتلكون كلّ وسائلهم». دون شك تبدو لنا هذه الرؤية صورية كثيراً، وبالطبع يجب أن نميّز بغتة هذه «الثورة» وامتدادها.

من ذلك العصر، من السلالات الأولى حتّى غزو مقدونية، ومن خلال الرسومات التي كشفتها لنا الحضارة الفرعونية، يبدو لنا التطوّر، عند النظرة الأولى، بطيئاً وضعيفاً. فالتجديدات مقلّة ونذكر منها على سبيل المثال: منافخ القرب واللولب المسمّى بلولب

أرخميدس. نشير أيضاً إلى تطوّر في مجال الأدوات، يعود أغلب الظنّ إلى ظهور المعادن، البرونز في الامبراطورية الوسطى (2160 ق. م، 1580 ق. م)، الحديد في عهد السلالة الحاكمة الخامسة والعشرين (712 ق. م، 663 ق. م). ولكن بالإجمال بقي النظام التقني نفسه حتّى غزو مقدونية عام 332 ق. م؛ عندها فقط ظهرت تقنيات الإغريق المتطوّرة وبخاصّة استعمال الآلات.

هنا أيضاً من الضروري أن نكون دقيقين في التمييز، فأكثر الوثائق التي بحوزتنا هي ذات أصل صوري، وهذه الصور تعود بمعظمها إلى مصطبات سقارة، أي إلى نحو منتصف الألف الثاني ق. م، ثمّ إلى قبور وادي الملوك، أي إلى حوالي منتصف الألف الأوّل ق. م، وإلى لفائف الأموات، في عهد أحدث. في الواقع لو أجريت مقارنات دقيقة ـ ولم يتمّ بعد هذا الأمر ـ نرى أنّ هذا السكون قد يكون ظاهرياً أكثر منه حقيقياً، لقد ذكرنا المنافخ ولولب أرخميدس، لكن يمكننا أن نشير أيضاً إلى أنوال النسيج العامودي في الامبراطورية الوسطى، إلى الحصان، العجلة والعربة، والزجاج في الامبراطورية الحديثة. وحتّى في مجال الأدوات كان التطوّر والتنوّع بارزين.

يبدو أنّنا نلتقي هنا بالتطوّر التقليدي لنظام تقني تبدو إتقاناته متوقّعة نوعاً ما منذ البدء. ومن التهوّر أن نتكلّم عن سدود أمام التقنيات الفرعونية، كما فعل البعض؛ إذ يبدو أنّ النظام التقني المصري وصل إلى قمّته في نفس فترة النظام الإغريقي. لنقل أنّ التطوّر كان بطيئاً وأنّ تاريخ مصر المستقلّة جرى في ظلّ نظام تقني واحد، والأسباب هنا عديدة دون شك.

إنّ حضارة مصر القديمة هي زراعية محضة. كانت مستنقعات دلتا نهر النيل، التي يصعب اجتيازها، تفصل البلاد عن البحر، والفراعنة لم يكونوا بحّارة. البعض استطاع أن يستند إلى ظواهر اقتصادية ترتبط بتكوين البلاد وطبيعة أرضها وتوزيع المياه فيها، والبعض الآخر اعتقد أنّ ذلك الركود كان بسبب تسمّر المجتمع في موضعه. أمّا نحن فنعتقد أنّ كلّ هذه العوامل قد تكون لعبت دورها مجتمعة.

طلائع هذه الحضارة

منذ أكثر من سبعين سنة أخذت تتحسّن معرفتنا بمصر النيوليتية، لدرجة أصبح معها يجب ترك فكرة حضارة متقدّمة ولدت فجأة كنوع من ثورة، ربّما أسرع منها في مكان آخر، بل تطوّر متواصل أخذ، فجأة، عندما تكامل النظام التقني وتلاحم، صورة ثورة أو انقلاب.

الحقيقة أن المنطقة كانت مناسبة، فدون أن نعود إلى صورة فيضان النيل، نشير إلى أنّ الوديان عرفت النجيليات وأنّ الثروة الحيوانية كانت غنية جدّاً: الحمار البرّي، الخرفان،

الظبيان، الأرخص، الغزلان والزرافات، الأسود والفهود. وهذه هي الحيوانات التي كانت تصطاد خلال الامبراطورية الوسطى. وفي الوادي كنّا نجد الفيلة، فرس النهر، نوعين من الخنازير، التماسيح والخنازير البرّية.

لقد تردّد صيّادو الهضاب على الوادي منذ العهد الباليوليتي الأسفل: إذ نجد أدواتهم على السطوح العليا للضفّتين، وهي تدلّ على تقليد ليفالّي بأشكال حجرية صغيرة. وكلّما كثرت فترات الجفاف وأصبحت الحاجة للماء ملحّة، كان الرحّل يلجؤون إلى المناطق المرويّة جيّداً، «وهكذا كانوا يجدون أنفسهم ضمن ظروف تقودهم من الحياة الطفيلية إلى الحياة المنتجة». وقد دافع- البعض بحدّة، لا سيّما م. بيري M. Perry، عن فكرة ولادة الزراعة في مصر؛ مع الفيضان السنوي للنهر، كان وجود النباتات، التي تُعتبر أسلاف الحنطة والشعير والتي كانت تنمو في الغرين دون عمل بشري، يدفع إلى نمط جديد من الحياة.

يبدو أنّ البدريين، الذين أقاموا على النتوءات الصحراوية الغائصة في الوادي المنقعي، كانوا يزرعون آنذاك النشويات والشعير، كما تشهد البذار التي وجدت في أمكنة إقامتهم الدائمة أو المؤقّتة. وأوضح دليل على هذا هو الطواحين اليدوية، البلاطات ذات الجوانب المقعّرة والمساحق. كذلك أشير إلى وجود عظام خرفان وماعز. نحن هنا فقط عند بداية حضارة جديدة، فالإقامة الثابتة لم تكن توطّدت بعد وكان صيد الحيوانات والأسماك ما يزال نشاطاً أساسياً. كما كان الخشب يُشغل، والخزف موجوداً، واكتُشفت بعض فضلات أقمشة، وربّما كانت الوجوه والعيون تُخضّب آنذاك.

تقدّم مواقع «الفيوم» ذلك العصر صورة عن تقنيات متقدّمة. كان سكّانها أيضاً يزرعون النشويات والشعير، ولكن أيضاً الكتّان، وكانت تُحفظ الغلال في حفر في الأرض. أمّا تربية الخنازير، البقريات، الخرفان والماعز فكانت تجري كما صيد الحيوانات والأسماك، بالقوس والنشّاب. وتوحي المكاشط بتحضير الجلود للملابس.

يعطينا موقع ميريمد صورة مشابهة، هناك تأكّد المقلاع ونوع من المغازل تدلّنا على نشاط نسيجي، والأمر نفسه في ديبونو، قرب حلوان. من الطاسيّين إلى البدريين نجد نفس التحوّل نحو تقنيات جديدة. وفي الجنوب نحو الخرطوم، نترك تلك الشعوب المتقدّمة تقنياً كي نجد عهداً نيوليتياً متقناً بالطبع، لكنّه لم يعرف النشاط الزراعي، رغم وجود خزف ممتاز مشوي جيّداً وكذلك تربية للماعز منتشرة.

في مصر العليا، جاءت الحضارة العمرسية مباشرة بعد البدرية منبثقة عنها حقّاً. لقد مارس سكّان هذه المنطقة الزراعة المنهجية للسهل الذي ارتوى بعد الفيضان، بعد ذلك توازنت الزراعة وتربية الماشية التي كانت تمارس من أجل الحليب واللحم كما من أجل

العمل الزراعي، حتّى ولو كان يجب تأمين الباقي بواسطة الصيد. ونشعر من خلال بعض الصور الصخرية بتقدّم جديد في مجال التقنيات التقليدية؛ فقد نتج عن الإقامة الثابتة قرى كبيرة ودائمة، اتقنت الصناعة الصوّانية ومن المحتمل أن يكون تمّ تدجين الحمار آنذاك. مارس العمرسيون الملاحة في نهر النيل، لكن دون أشرعة، أمّا الخزف فلم يظهر أيّ تقدّم يذكر بل تأخّر بالنسبة لما كان عليه أيّام البدريين.

لاستشفاف مرحلة جديدة يجب الانتظار حتّى العهد الجرزي، فعندها أصبحت الزراعة مورداً أساسياً وربّما اعتمدت جزئياً على الريّ الاصطناعي. بالنسبة لشغل الصوان، وصل التهذيب بواسطة الشدّ أو الضغط إلى قمّة الاتقان. «من الملفت أنّ مبادىء صناعة معدنية منهجية كانت مستوعبة ومطبّقة.» فرغم قلتها، كانت بعض الأدوات والأسلحة المعدنية قيد الاستعمال. كما ظهرت آنية الخزف المزخرفة، دون الاستغناء عن الأواني الحجرية الكثيرة والمصنوعة من صخور صلبة. كلّ هذه المنتوجات تكشف لنا عن مجتمع تغيّر، مع أخصّائييه وزراعته الأكثر تطوّراً وتنوّعاً، وقد أصبحت أماكن السكن متينة أكثر ومستديمة أكثر. من المحتمل أن تكون كلّ هذه الحضارة قد أتت من الخارج.

هكذا تتحدّد مرحلة اكتساب تقنيات جديدة، مرحلة ظهور تدريجي لنظام تقني جديد. لا يوجد تحوّل مفاجىء بل تطوّر، وتطوّر نلمس خلاله وجود قطاعات جديدة ومجالات أبقت على تقاليدها أو حتّى تراجعت أحياناً. ولكن مذ ذاك كان كلّ شيء في وضع جيّد سمح للسلالات الفرعونية الأولى بالشروع بمرحلة جديدة: فقد أصبحت الزراعة متكيّفة تماماً، مع كلّ الأعمال المنوطة بها، وأثبتت الصناعة المعدنية إمكاناتها، الكتابة كانت على وشك الظهور وكلّ المجموعة التقنية على وشك الوصول إلى مرحلة التوازن.

تقنيات الاستثمار

إذن كانت الزراعة موجودة مسبقاً في عدد من مناطق الشرق الأدنى في نفس فترة ظهور السلالات الحاكمة الأولى. لا داع لأن نكرّر هنا ما قيل دوماً عن فيضانات النيل وعلاقاتها مع الأعمال الزراعية، ويعطينا تكرّار المشاهد الزراعية في القبور والمصوّرات المصرية مادّة وثائقية غنية.

لقد كان إنتاج الزروع أساس النشاط الزراعي، وأهمّها الشعير، القمح النشوي، والذرة انطلاقاً من الامبراطورية الحديثة. وكان هناك الكثير من السنفيات: عدس، فول، بصل، حمّص، وكذلك خيار وبطيخ. فيما يخصّ الفواكه، عرف المصريون الرمّان، التين، العنّاب، الزيتون، الخرّوب والنخيل، ومن الصعب تحديد تاريخ ظهور الكرمة، أمّا الجمّيز، ويسمّى أيضاً تين فرعون، فكان يعطي الخشب والثمر. نحن إذن بصدد مجموعة زراعية متنوّعة،

بعيدة عن الأصناف البدائية. في الحقيقة، لسنا مزوّدين بمعلومات كافية حول الزراعات المصرية القديمة، لكنّنا نضيف إلى ما ذكرناه قادماً جديداً هو الكتّان، الذي سرعان ما أخذ أهمّيته والذي كان يُحصد بواسطة القلع وليس القطع.

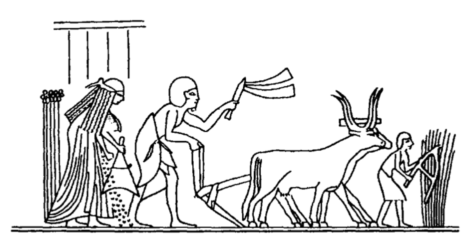
أمّا الأدوات الزراعية فكانت محدودة. المجرفة، التي كانت تستعمل في البستنة كما في قنوات الريّ، كانت من صنف مميّز نقدّم صورة عنه، وهكذا ظهرت على قبر طيبي من السلالة الثامنة عشرة (1580 ق. م، 1314 ق. م)، يحتفظ به في متحف اللوفر Louvre في باريس. بالمقابل نرى أدوات بذراع متطوّرة أكثر، حديثة المظهر، على مصطبة تي (2500 ق. م) في سقارة كما في قبر منى (1412 ق. م) قرب طيبة (شكل 4).

لم يكن هناك أي مشكلة بخصوص آلة الحراثة، فقد كانت عبارة عن محراث بسيط مع قبضة ـ مزحف، يشبه، بفارق بعض التفاصيل الصغيرة، ما نراه في مصوّرات السلالة الخامسة (مصطبة تي في سقارة، نحو 2500 ق. م)، والسلالة الثامنة عشرة (1580 ق. م، 1314 ق. م) وعلى ورق البـردى في دير البحري زمن السلالة الواحدة والعشرين (1060 ق .م، 950 ق. م)، ويمكننا القول أنّه شبيه بالمحراث الذي ما زال يُستعمل اليوم (شكل 5). هذا الاستمرار هو أمر ملفت للنظر، فهذا المحراث يختلف عن المحراث ذي الأسنان الذي كان يستعمل عند الطرف الشمالي للبحر المتوسّط، وقد صوّر بشكل غزير إن في القبور أو على أوراق البردى. إنّه كما قلنا محراث مع قبضة ـ مزحف، بمقوَمين اثنين يفصل بينهما لجاف أو أكثر، ويصل العدد إلى أربعة كما نرى في صورة على قبر نحت قرب طيبة (1415 ق. م.). وهناك رابط يثبّت القبضة ـ المزحف مع المجرّ، أغلب الأحيان رابط من الحبال، أمّا الدواب فكانت دائماً عبارة عن زوج من الثيران؛ ويبدو لنا ـ لأنّ الرسوفات تكون أحياناً مبهمة ـ أنّ المجرّ كان يتصل بمقرن خفيف يوضع أمام قرون الدابتين، ولكن نرى أيضاً ثيراناً مربوطة العنق، كما الجياد. معظم الأحيان كان يقوم بالحراثة رجلان، الأوّل يمسك المحراث والثاني يقود الدابّتين، وعلى جدرانية في قبر منن الجم قرب طيبة، نرى رجلاً واحداً يمسك المحراث ويقود الدابتين. نشير أخيراً إلى صورة فريدة لمحراث يجرّه أربعة رجال نراها على جدرانية ذلك القبر الطيبي المحفوظ في متحف اللوفر والذي سبق أن ذكرناه. والمحراث المصري ضامر خفيف يفلح على عمق قليل تربة سهلة وطرية.

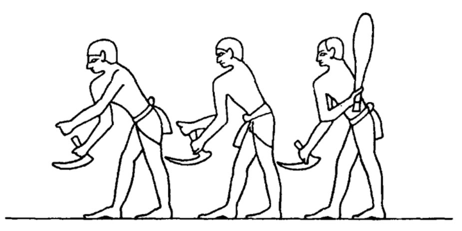
الحصاد كان يتمّ بواسطة المنجل (شكل 6)، وفي البدء كان هذا المنجل يتألّف من شفرات صوّانية صغيرة مرصوصة في حزّ خشبي، ثمّ أصبح مع مجيء المعدن أداة واسعة التقوّس. ولم تتغيّر هذه الأداة أبداً بين السلالة السادسة، تاريخ الصور الأولى، وعهد الاسكندر الكبير.



شكل ٤. ـــ بلطة، سكين ومجرف (الامبراطورية القديمة).



شكل 5. ـــ المحراث البسيط (السلالة الحاكمة الثامنة عشر).



شكل 6. ـــ الحصاد بواسطة المنجل.

كانت السنابل تُمسك تقريباً على مستوى البذار و «تُنشر»، وكان العامل ينتصب واقفاً.

وكانت السنابل تنقل في سلال كبيرة، يحملها رجلان بواسطة قضيب يضعان طرفيه على كتفيهما، ثمّ تُكوَّم وتوضع في حلقة حول المساحة المحصودة. والتقنية الوحيدة التي كانت تُستعمل آنذاك كانت الدراسة تحت أقدام الدواب، الثيران أو البقر، ثمّ يُنظَّف الحبّ لرفع فتات القشّ، بواسطة الرفوش، وبعد ذلك يذري، وكانت النساء هن من يقمن بالعمليتين الأخيرتين.

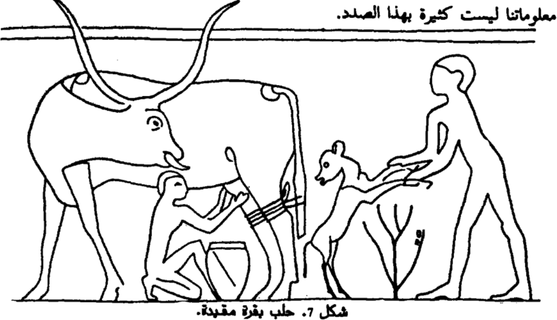
نلاحظ إذن كم كانت الأدوات محدودة العدد بالسبة لإحدى أهم الزراعات. وباستثناء التعديلات التي أحدثها مجيء المعدن، بقي جهاز الأدوات في مجال الزراعة ثابتاً للغاية على مدى قرون طويلة من التاريخ المصري القديم.

ولا نملك في الحقيقة معلومات كافية حول أنواع الزراعات الأخرى: إذ قلّما وجدنا صوراً ورسوماً حول الموضوع. ليس بحوزتنا سوى عدد كرمات عالية وليس كرمات منخفضة، كما نرى قطاف العنب، العصر بواسطة الدوس ووضعه في أمفورات. ولم يكن الدوس يكفي بالطبع، فقد كان يجب ضغط العنب. كان يوضع في جراب بين عصوين طويلتين، ووصلت الطريقة إلى حدّ الاتقان في الامبراطورية الوسطى، في بني حسن؛ «كان الجراب يوضع في كشك ويثبّت إلى الجانب بأحد طرفيه، ومن الطرف الآخر ينتج ضغط قوي عن ضفيرة جُعِلت فيها ساق صلبة، ويقوم بالعمل ثلاثة رجال. هذا النظام لم يكن يحتاج إلى رياضة بدنية معقّدة كما في الامبراطورية القديمة، ولا إلى جهد كبير وشاق.» نلاحظ إذن تطوّراً منذ عهد مصطبة تي (نحو 2500 ق. م) إلى قبور السلالة الثامنة عشرة (منتصف الألف الثاني ق. م). عدا عن ذلك لا نملك أيّة مادّة صورية.

كانت تربية الحيوانات نوعاً من البحث المتردّد في أصناف البهائم التي كان يراد ترويضها، كما يقول بحقّ م. بوزنير M. Posener. يبدو أنّه في البدء تمّت محاولة تربية الكثير من الحيوانات ثمّ تُركت فكرة تدجينهم فيما بعد: هكذا كان بالنسبة للضبع، للكركي وبعض الأصناف الأخرى، كالغزلان، والأيل، والحيرم والوعل والمهاة. كما يبدو أنّ العادة جرت على تربية الحيوانات في اصطبلات، على الأقلّ بالنسبة لبعض الأصناف. لنعد إلى تأريخنا للعهد النيوليتي.

يبدو أنّ الخروف تمّ تدجينه قبل العنزة، كون هذه الأخيرة صنفاً جبلياً، إلاّ أنّنا لا نجد الخروف فعلاً إلاّ انطلاقاً من عهد السلالات الأولى. ويقول أحد الأخصّائيين أنّنا في ذلك العصر، نحن في منتصف الألف الثالث ق. م، والأمر لا يعود إلى زمن قديم جدّاً. ونرى، خلال عهد الامبراطورية القديمة، البقرة مربوطة الساقين عند حلبها، ممّا يدعنا نفترض أنّها

كانت ما تزال قريبة من الوحشية (شكل 7)، ونميّز في ذلك العصر بين عرقين مختلفين، الأوّل كبير وقوي مع قرون كبيرة، والثاني صغير ودون قرون. كذلك تمّ تدجين الخنزير، لكن معلوماتنا ليست كثيرة بهذا الصدد.

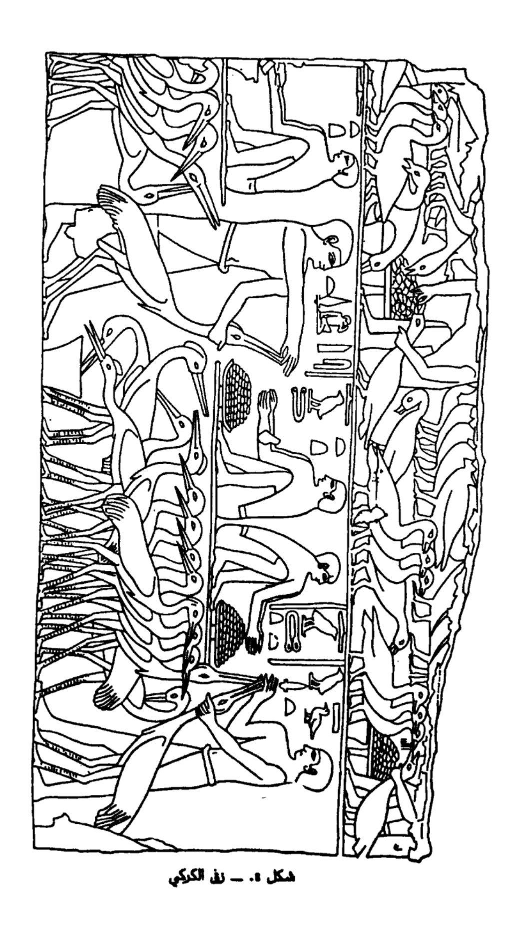


شكل 7. حلب بقرة مقيدة.

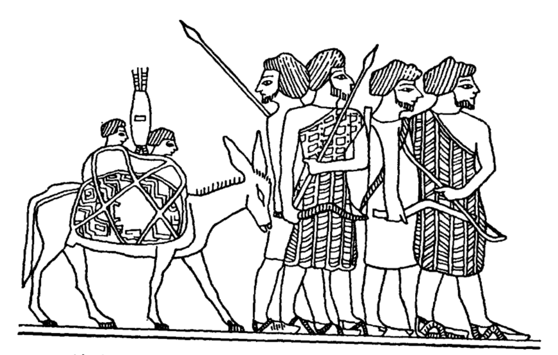
كذلك كان المصريون القدماء يربّون الطيور الداجنة بكثرة؛ الوزّ كان موجوداً منذ السلالات الأولى: ونعرف الرسم الشهير والجميل الذي قدّم لميدون، نحو سنة 2720 ق. م. الأمر نفسه بالنسبة للكركي الذي نجد صوره بكثرة في سقارة نحو 2500 ق. م. وكان يتمّ زقّ أو تسمين الوزّ والكركي، ربّما من أجل اللحم، أكثر منه من أجل الكبد (شكل 8).

وكان يُصطاد البط بكثرة لكنّه لم يشكّل أبداً جزءاً من الطيور الداجنة: من جهة أخرى صادف الرومان صعوبات كثيرة في تربيته، وهم على ما يبدو أوّل من حاول ذلك. بالمقابل ظهر الحمام منذ السلالات الأولى، وكان يُستخدم لنقل الأخبار، لكن ربّما أيضاً على المائدة.

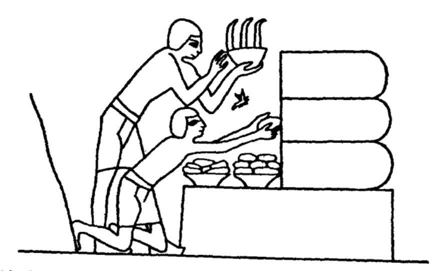
وهناك بعض النقاش بخصوص حيوانات أخرى؛ رغم ما يقوله بعض الكتّاب، يبدو أنّ الحمار قديم جدّاً: كان يدرس القمح، يحرث أو يحمل الغلال. ولقد كان، حتّى السلالة الثامنة عشرة، حيوان النقل الوحيد والمحرّك الأساسي للقوافل عبر الصحراء نحو البحر الأحمر. ولدينا صور تعود إلى السلالة الثانية عشرة (شكل 9). أمّا الدجاجة، وأصلها يعود دون شك إلى بلاد فارس، فلم تظهر، كصورة ورسم، إلاّ في العهد الإغريقي، وهناك فقرة مبتورة من عهد تحوتمس الثالث تحكي عن طير يضع بيضة في اليوم، هل هو الدجاجة؟ الحصان لم يظهر سوى في الامبراطورية الحديثة، وبالضبط بعد 1300 ق. م، أمّا الجمل فقد ظهر في الألف الأوّل ق. م.



شكل ٤. — زف الكركي



شكل 9. ـــ إحدى أولى رسومات الحمار. (قبر بني - حسن، السلالة الثانية عشر).



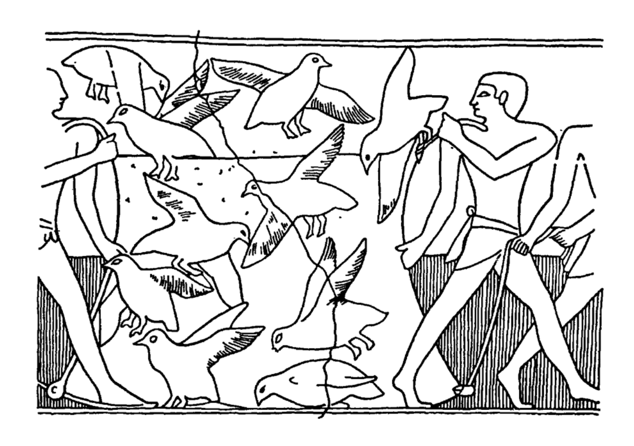
شكل 10. ـــ استخلاص أقراص العسل. (قبر رخمير في طيبة، السلالة الثامنة عشر).

منذ عهد السلالة الرابعة نرى كلاباً تجرّ بواسطة رسن، مع ضباع من ناحية أخرى. وبعض هذه الكلاب هي سلاقية فعلاً، رشيقة الأشكال، منتصبة الآذان، ضامرة الخصر، صهباء الكساء. كما نرى كلباً أصغر وأغلظ، قصير الخطم متهدّل الأذنين. إنطلاقاً من السلالة الثانية عشرة من السهل التعرّف إلى خمسة أعراق مختلفة، ثمّ إلى سبعة، بينها نوعان سلاقيان، وكلب صيد متوسّط الخطم، وكلب راع، وكلب حراسة يشبه المولوسي، وأيضاً كلب زئني معوجّ القائمتين. أمّا القطّ فظهر منذ بدايات الحضارة المصرية، ومنذ البدء يمكننا تمييز نوعين سنّوريين قريبين من بعض الأشكال البلدية البرّية التي ما زالت موجودة إلى اليوم.

قد يكون المصريون هم من ابتكر النحالة، أي الاستثمار المنظّم لعالم النحل: في الواقع، اللوحة الصخرية لصائد العسل التي وجدت في بيكورب، في إسبانيا، والتي تعود إلى العهد النيوليتي ـ ولكن أيّ عهد؟ ـ تثبت أنّه كان يتمّ قطاف العسل البرّي. في ظلّ الامبراطورية القديمة، أصبح الإنسان يصنع القفير الاصطناعي ويضع فيه النحل ويستخلص منه العسل والشمع، ونرى هذا مصوّراً بوضوح على لوحة مصدرها أبو سير. وكلّ العمليات مصوّرة في قبر رخمير، قرب طيبة (السلالة الثامنة عشرة؛ شكل 10). ويبدو أنّ التقنية وصلت حدّ الإتقان منذ عهد السلالة الخامسة، فأصبحنا نلتقي بجلوة النحل أو التدخين، وصبّ العسل في جرار كبيرة، وصناعة خبز الأبازير. لقد كان للعسل والشمع أهمّية كبيرة في الحياة المصرية القديمة.

وكان صيد الحيوانات والأسماك يُمارس بكثرة ومنذ القدم، ونرى الكثير من مشاهده مصوّرة على الضرائح وفي المعابد. والصيد كان يتمّ بواسطة القوس، الأنشوطة، المرتدّة، الكمائن، وكذلك بواسطة الصقر كما نرى على مصطبة ميريروكة في سقارة (نحو 2400 ق. م). وكانت تُستعمل أيضاً الشباك من أجل صيد الطيور (شكل 11). لم يتغيّر شيء منذ تلك العصور البعيدة وقد تكون تقنيات الصيد تلك أقدم نسبياً؛ المرتدّة المستعملة لم تكن بالضبط مرتدّة الأوستراليين التي تعود إلى نقطة الانطلاق إن لم تبلغ هدفها، بل كانت عصا تُرمى، منحنية عند أحد طرفيها ومعدّة كي تطال الطيور المائية لحظة تحليقها فوق القصب.

حتماً كان الصيد إحدى وسائل التغذية، لكنّه كان أيضاً طريقة للتزوّد بحيوانات يُراد تدجينها؛ كان يتمّ الإمساك بالثور الوحشي، النعامة، الأروية، الغزال، وكثيراً ما صوّرت مشاهد الصيد في حقول القصب. هكذا كان بالنسبة لفرس النهر الذي كان يُلاحق بالقوارب الخفيفة، يُشكّ في رأسه بالكلاب فيدور فاغراً فاه: عندئذ يُقضى عليه بالرمح.



شكل ١١. ــ الإمساك بطيور السمانى في حقول القمح،
بواسطة الشبكة (الإمبراطورية القديمة).

أمّا صيد الأسماك فكان يتمّ بواسطة الشبكة، القفّة، الخطّاف أو الشوكة الثلاثية؛ كل هذه الأدوات عرفت منذ عهد الامبراطورية القديمة ولم تتغيّر تقريباً أبداً. هنا نتكلّم بالطبع عن الصيد في النهر أو البحيرة؛ بالنسبة للقفف كان يجب استعمال الزوارق، كما نرى في مصطبة تي.

وإذا أردنا التكلّم عن إنتاج المعادن، فنرى أنّ هذا الموضوع يطرح بالنسبة لمصر القديمة العديد من المسائل التي لم يتمّ حلّها جميعاً. نشير أوّلاً إلى أنّه إذا كانت بعض الطبقات المعدنية وفيرة نسبياً، كالحديد في منطقة أسوان، فإنّ مصر ليست غنية بما يتعلّق بالمعادن الأخرى، باستثناء القليل من النحاس في سيناء، وقد توجّه الاهتمام إلى مناجم سيناء منذ 2700 ق. م. وما زلنا نجهل التقنيات المنجمية لدى المصريين القدماء، حيث لم نجد لها أثراً ولا رسوماً تصويرية. من جهة أخرى يعتقد البعض أنّهم كانوا يستعملون الدعامات، أمّا طرق الإنارة فما زال الغموض يكتنفها.

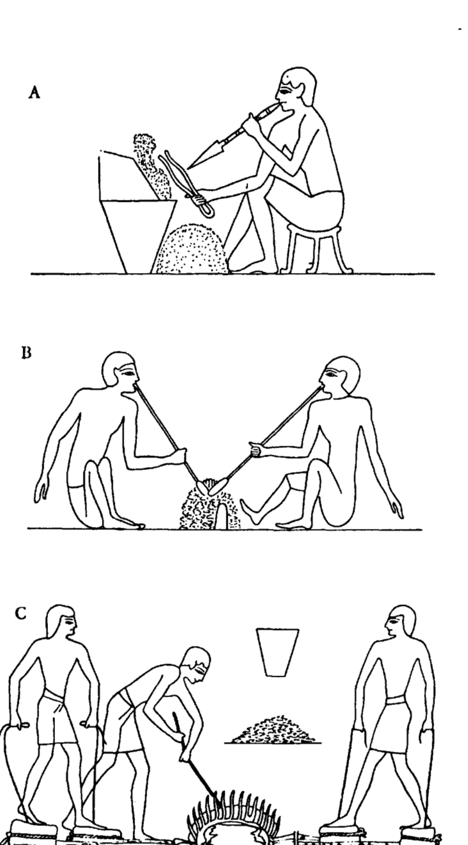
إنّ تاريخ المعادن ما زال غير أكيد. الذهب، الفضّة، النحاس معادن كانت موجودة

في العهد ما قبل السلالي؛ ويبدو أنّ النحاس ظهر في العهد البدري، وقد قدّمت لنا الامبراطورية القديمة العديد من الأدوات النحاسية (أزاميل، محافر، مناحت). كان يتمّ تصلبة المعدن بواسطة الطرق. أمّا البرونز فأصبح استعماله منتشراً نحو سنة 1160 ق. م وربّما يكون قد أتى من الخارج: فقد عرف في الواقع في مدينة أور السومرية نحو 3200/3500 ق. م. كما دارت نقاشات كثيرة حول الحديد، لمح البعض إلى وجود قطع حديدية قديمة جدّاً: إنّها في الحقيقة قطع حديدية نيزكية، والبعض نسب ظهور الحديد إلى السلالة السادسة (2263 ـ1423 ق. م) أو الثانية عشر (1785/2000 ق. م). إلاّ أنّ المسلّم به عامّة اليوم أنّ الحديد أصبح متداولاً في ظلّ السلالة الخامسة والعشرين، حتى لو وُجِد خنجر حديدي في ضريح توت عنخ آمون، جلب إلى هناك دون شك.

من المفروض أن تكون طرق تحويل المعادن غير الخالصة نفسها التي كانت معروفة ذلك العصر في أوروبا وفي الشرق الأدنى، لا يسعنا أن نقول أكثر من هذا حيث لم يُكتشف أيّ فرن معدني في مصر. بالمقابل، يُحتفظ ببعض صور شغل المعدن؛ الصعوبة الرئيسية كانت تكمن في الوصول إلى حرارة كافية كي يمكن القيام بهذا العمل، وهذا ما يطرح مسألة المنافخ. لقد كان يوجد ثلاثة أنواع من المنافخ، دون احتمال وجود أي تطوّر، حيث كان كلّ نوع مخصّصاً لعملية معيّنة (شكل 12): نافثة النار التي ربّما كانت تُستعمل لأعمال دقيقة (ونراها على ضريح السلالة الثامنة عشرة تُستعمل للطلاء بالميناء). السبطانة وأوّل رسم لها نجده في مصطبة ميريروكة (نحو 2400 ق. م): وتُستعمل في صناعة المجوهرات. ثمّ منافخ القرب والرجل (ضريح رخمير، السلالة الثامنة عشرة)، كان عقب القدم يغلق الفتحة المركزية في الطبلة أثناء الضغط، ثمّ تُرفع الطبلة بواسطة حبل في حين يكون الوقوف على أصابع الرجل مع رفع العقب كي يُفسح المجال أمام الفتحة.

عند رؤيتنا للآثار المصرية، على الأقلّ انطلاقاً من السلالة الثالثة، لا ندرك أنّ المصريين القدماء كانوا قلاّعة حجارة نوابغ. بقيت لنا من جهة أخرى بعض هذه المقالع متروكة نوعاً ما على حالها، حيث أنّ الأجيال اللاحقة كانت تلجأ إلى تقطيع الآثار القديمة للحصول على الحجارة التي كانت تحتاجها. هكذا كان الأمر قرب ممفيس وأسوان؛ وقد استعمل غرانيت أسوان الوردي بكثرة.

للحقيقة، تبقى تقنيات تقصيب الحجارة عند المصريين مجهولة نوعاً ما، الحجارة الكلسية كانت سهلة القلع، بخلاف الغرانيت والديوريت. وكانت قطع البناء الكبيرة من الحجارة الكلسية والغرانيت، ولم يكن يستعمل الديوريت إلاّ في صنع التماثيل.



شكل 12. نافثة النار (أ)، سبطانة (ب)، ومنفخ القرب (ج)

الصعوبة الكبرى كانت تكمن إذن في اقتلاع كتل منتظمة وتظهر لنا المسلّة غير المنتهية في مقلع أسوان أنّه كان يتمّ تحضير القطع بإتقان تام لتجنّب أيّ نقل غير مفيد. أوّلاً كانت تنظّف طبقة الغبار السطحية ثمّ تحضّر مساحة معيّنة بواسطة الديوريت، بعد ذلك يرسم القلاّع حدود الكتل التي يريد اقتلاعها ويحدّدها بسلسلة من الثقوب الضيّقة والطويلة حيث يضع أوتاداً خشبية جافّة، غالباً من الجمّيز. ثمّ يبلّل الخشب فينتفخ بصورة متجانسة على طول الخطّ نفسه ويشقّ الحجر تبعاً للمستوى المرغوب. ونجد حتّى اليوم شواهد على بعض الإخفاقات في هذا المجال.

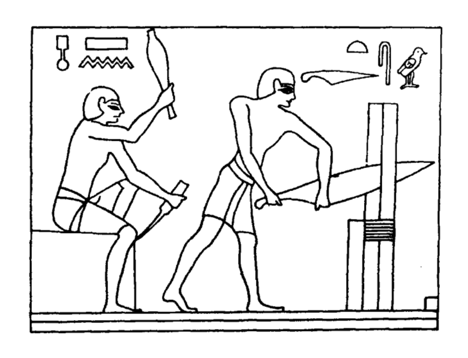
الصناعة الحرفية

حول الصناعة الحرفية، وصلتنا المعلومات الكافية: فهناك العديد من الرسومات والنقوش، كما نشير إلى أهمّية تصاميم المشاهد الصغيرة التي تأتي من قبر ميكتري في دير البحري والتي تعود إلى عهد السلالة الحادية عشرة (2160-2000 ق. م): ونرى فيها صور صائغين، نحّاتين، خزّافين، نجّارين، سكّافين وفرّانة. مع هذا لا نملك أي عمل شامل حول مغازل مصر القديمة.

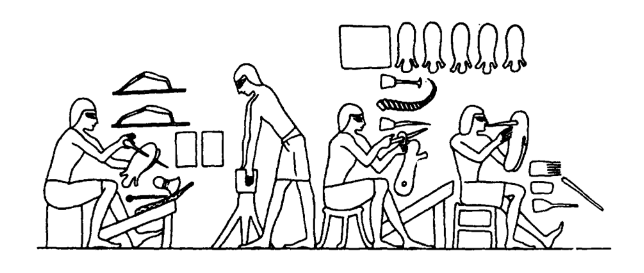
من الملفت للنظر أنّه إذا كانت الأغراض التي وصلت إلينا تدلّ على مهارة فائقة، فإنّ جهاز الأدوات يبدو مختصراً ولم يتطوّر إلاّ ببطء شديد. ويمكننا بسرعة ذكر ما يحتويه هذا الجهاز، خصوصاً بالنسبة للنجارة التي تظهر من خلال منتجاتها كم كان المصريون نجّاري أثاث بارعين. البليطة، لتصغير الحجم، الأسافين والمطارق، المثاقب، منشار الخشب كانت الأدوات الأساسية (شكل 13). ونلحظ غياب منضدة العمل، الملزمة والمسمار؛ مع هذا نرى كراسي توت عنخ آمون دقيقة النحت، قائمة على ألسنة وفِراض وتحمل ترصيعاً جميلاً.

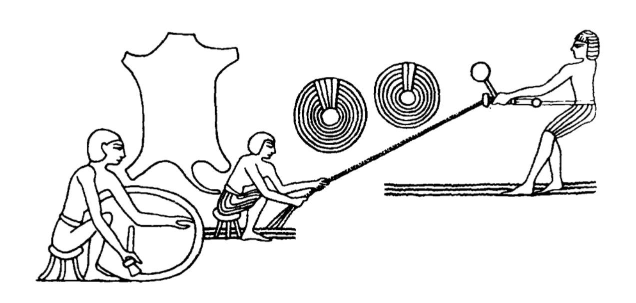
أمّا الجلد فقد لعب دوراً مهمّاً في مصر القديمة؛ لكن إذا كان لدينا صور تتعلّق بصناعة الصنادل والأحزمة الجلدية فإنّنا قلّما نعرف شيئاً عن كيفية تحضير الجلود. كان الدبغ يستخلص من سنفات نبتة الأقاقيا، وكانت تجرى الدباغة بواسطة إدخال الزيت في الجلد بالمطرقة: بعد ذلك يليّن الجلد عن طريق الجذب والمطّ، أمّا المراطة فكانت تستعمل حجر الشبّ. وتأتينا أقدم صورة من قبر تي (نحو 2500 ق. م.)، حيث نرى مطرّبي الجلد أثناء عملية المطّ، كما نرى صورة صانعي أحزمة جلدية على قبر رخمير (السلالة الثامنة عشر)، عامل يأخذ من جلد كثير قطعاً مستطيلة وذلك بواسطة مقدّ كثير الشبه بالمقدّ المستعمل حالياً. وكان صانعو الصنادل يستخدمون كذلك المقدّ والمخرز لجعل الثقوب. ويُلاحظ في هذا المجال أيضاً أنّ عدد الأدوات محدود نوعاً ما (شكل 14).





شكل 13. نجار مصري يستعمل المثقب (أعلى)، المنشار، الإسفين والمطرقة (أسفل).





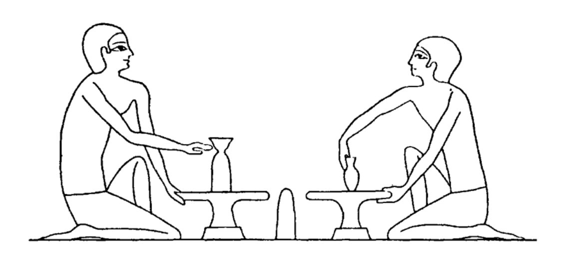
شكل 14. ــ صناعة الصنادل (أعلى)، وصناعة الأحزمة الجلدية في مصر القديمة (أسفل).

بالنسبة للنسيج فقد عرف منذ القدم، لكن الوثائق التي بحوزتنا تعود إلى الامبراطورية الوسطى فقط: رسومات بني حسن وتصميم قبر ميكيتري. الخيوط التي كانت تُستعمل غالباً هي حتماً خيوط الكتّان ولم يُعرف القطن إلاّ بعد هذه الفترة. وكان الغزل يتمّ على المغزل والعرناس، حيث كانت خيوط السداة تحضّر، كما كان شأنها دائماً، على الجدار بواسطة الكواحل. على التصميم نرى نول النسيج بدائياً جدّاً وفي وضع مسطّح، لم يكن هناك من مندف وكانت الخيوط ترصّ بمساعدة عصا بسيطة. وانطلاقاً من الامبراطورية الوسطى بدأ استخدام الأنوال الكبيرة العامودية. وكانت قطعة القماش التي لفّت بقايا جيزر تتضمّن في السنتيمتر 60 خيطاً للسداة و 48 للحبكة، إذن كانت تعتبر آنذاك قطعة قماش جميلة جدّاً. كما نجد في ظلّ السلالة الثامنة عشرة أقمشة بـ 138 × 40 و 128 × 56، منذ ذلك العصر إذن أصبح المصريون معلّمين في فن صناعة الأقمشة. وغالباً ما كانت هذه الأقمشة مصبوغة، حيث كانت تستخدم الأصباغ المعروفة.

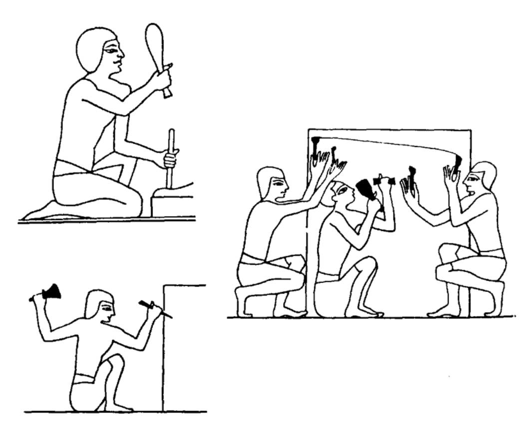
عرف الخزف منذ الامبراطورية القديمة، حيث كان يرافق الآنية الحجرية. وإذا كان من السهل شغل المرمر والنضيد، فلم يكن الأمر كذلك بالنسبة للديوريت أو الغرانيت. لدينا صور تمثّل عمّالاً أثناء صناعتهم للآنية الحجرية: ولا تسمح لنا الأسافين، أو البزال المزوّد بثقّالة عند جزئه الأعلى، أو المطارق أن نفهم على وجه الدقّة كيف تمّ تنفيذ بعض القطع ذات الحجم الكبير. أمّا آنية الطين المشوي فكانت تنفّذ على دولاب الخزّاف (شكل 15)، والخزف المصري كان عادياً ولم تُعرف الأفران. بالمقابل، ومن أجل صنع تماثيلهم الصغيرة، اعتمد المصريون وبغزارة الطلاء بواسطة السيليس والقلي مع إضافة مادّة ملوّنة أساسها النحاس، وكانت تنتج هذه التماثيل بالقالب ممّا يفسّر غزارتها. أمّا أقدم قطعة زجاجية تمّ التعرّف إلى تاريخها فهي عين زجاجية زرقاء تقلّد الفيروز وقد صنعت خلال حكم أمينوفيس الأوّل (1558 ق. م، 1530 ق. م). بعد ذلك أصبح استعمال الزجاج متداولاً لكنّ المصريين لم يعرفوا أبداً الزجاج المنفوخ.

وتظهر لنا المجوهرات التي نراها في المتاحف، وكنز توت عنخ آمون أنّ الصاغة المصريين اكتسبوا مهارة مدهشة في شغل المعادن والأحجار. ويبدو أنّ الصاغة الذين نرى صورهم في مصطبة ميريروكا في سقارة (نحو 2400 ق. م) كانوا يملكون جهاز أدوات محدوداً جدّاً، باستثناء السبطانات التي استعملوها للحصول على الحرارة اللازمة لإذابة الذهب. أمّا صناعة بعض الدرر الحجرية فتبقى سرّاً بالنسبة لمؤرّخ التكنولوجيا.

يبقى أن تجرى دراسة الأساليب التقنية التي كان يعتمدها حرفيّو مصر القديمة، إذ يجب وضع بيانات دقيقة بالأدوات التي كانت تُستعمل، كما فعل بلومنر Blümner بالنسبة



شكل 15. ــ خزافان يعملان على دولاب يحرك يدوياً.



شكل 16. ــ ظهور المطرقة ذات المقبض.

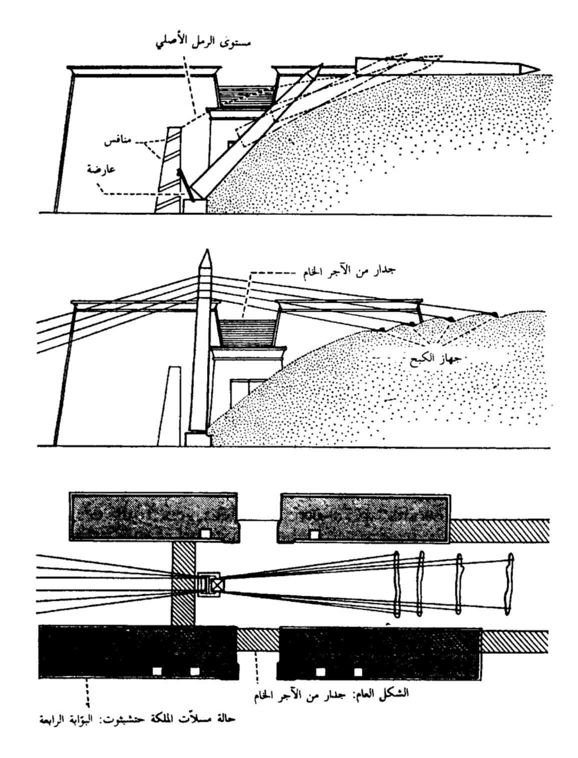
للعصر الكلاسيكي القديم؛ مع أبحاث حول الأغراض التي بحوزتنا: ففحص بعض منتوجات النجارة وبعض الأقمشة يمكنه أن يعطينا فكرة واضحة كما الرسومات على القبور. ولكن تُطرح هنا مسألة قلّما تمّ تناولها: العلاقة بين نوع من المهارة اليدوية، التي تنقل بواسطة التعلّم، وفقر في الأدوات، كلّ هذا مرفوق بمعرفة واسعة جدّاً للمواد المستعملة. هناك حتماً مراحل مهمّة: المرور من الأدوات الحجرية، التي قد تكون استعملت خلال عهد السلالات الأولى، إلى الأدوات المعدنية هو مثل واضح بهذا الشأن (شكل 16). بالنسبة للحجر، يبدو أنّه شُغل في البدء بواسطة مقادح من الدوليريت وكان النشر والصقل يتمّان بواسطة مواد كاشطة، مسحوق الكوارتز أغلب الأحيان، بعد ذلك أتت الأسافين المعدنية. بالمقابل بقي ثقب درر العقيق الأحمر سرّاً خفياً حتّى الآن.

إلى جانب النجاحات المذهلة نجد ميادين أهملتها نوعاً ما الصناعة الحرفية المصرية: هكذا مثلاً بالنسبة للخزف، الذي لم يكن يُشوى كما يجب معظم الأحيان. من البديهي أن لا يكون كل شيء على نفس المستوى في حضارة معيّنة؛ كما لا يجب أن نخلط، لأنّنا هنا بصدد أحد الأمثلة الأولى، بين الإنجازات الاستثنائية التي يحقّقها عدد صغير من أجل عدد صغير، والتقنيات المتداولة التي تُعتبر نوعاً ما معدّل النظام التقني.

البناء.

ما نزال مدهوشين بإنجازات المصريين القدامى في مجال العمارة، ويجب الاعتراف جيّداً أنّ أهرامات سقارة والجيزة، والمعابد الكبيرة في الأقصر والكرنك تبعث فعلاً على الدهشة، إلاّ أنّه ينبغي توضيح بعض الأشياء. لم يصل إلينا سوى صروح استثنائية، معابد وضرائح، وتقريباً لا شيء من القصور التي كانت موجودة حتماً، ولا شيء مطلقاً من الهندسة المعمارية العادية. وهذا لأمر مهمّ، ويميل إلى أن يثبت، كما في اليونان ولكن ليس كما في روما وفي الامبراطورية الرومانية، أنّ هذه العمارة الأثرية كانت مختلفة عن العمارة العامّة. تصوّروا أنّنا نعرف كما قلنا منازل ساتال هويوك وأريحة من العصر النيوليتي وليس لدينا شيء من طيبة أو ممفيس، باستثناء بعض البقايا الرائعة. هذا لأنّ تلك المدن كانت مبنية من مادّة سريعة الزوال هي الآجر الخام. وهنا يفوتنا جانب كامل من تكنولوجيا البناء لدى المصريين.

البناء المتداول، الذي كان إذن من الآجر الخام، كان معتمداً في كلّ القرى وفي القسم الأعظم من المدن، وهناك صور تظهر لنا كيفية صناعة هذا الآجر: خليط من الرمل والقش لتجنّب الانكماش، وربّما كانت قطعة مقولبة، على أيّ حال متوحّدة الحجم ومجفّفة تحت أشعّة الشمس. وهذه المادّة مناسبة تماماً في بلد مرتفع الحرارة، وحيث المطر غير



شكل 17. ـ طريقة وضع مسلات الملكة حتشبثوت كما تصورها هـ. شوفريه H.Chevrier، المهندس المعماري الذي درس آثار الكرنك.

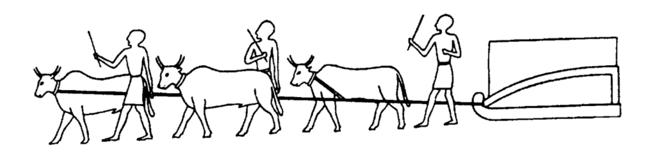
(عن «Bâtir»، 84، نيسان 1959.).

معروف تقريباً، إلاّ أنّه لم يكن بوسعها مقاومة التفتّت مع الوقت وكان يجب تجديد بناء المنازل بصورة منتظمة، لهذا لم يبق لنا شيء من هذه الأبنية الهشّة.

الأمر مختلف تماماً عن ما كانت عليه الأبنية الحجرية، لقد اعتمد المصريون البناء الضخم بنفس طريقة بنائهم منازلهم من الآجر الخام وكانوا يكدّسون القطع الحجرية للأبنية الأثرية كما قطع الآجر للمنازل. وكانوا يعتنون بالأساس بصورة خاصّة.

كانت الحجارة تُجمع بواسطة فواصل حيّة، ولم يعرف المصريون القدماء أبداً الملاط وهو خليط الرمل والكلس، وكانت قواعد البناء غير المنتظمة، التي تكرر استعمالها خلال عهد الامبراطورية القديمة والوسطى، كانت تساعد على تماسك المجموعة. ويبدو أنّه في أبيدوس في ظل السلالة التاسعة عشر (1314-1200 ق. م)، بدأت ممارسة السنونة (تجميع على شكل ذنب السنونة)، مع تدعيم من البرونز، التي أصبحت في ما بعد كثيرة الاستعمال.

إنّ المسألة التي أثارت في الوقت نفسه الفضول والجدل هي مسألة رفع أحجام ضخمة من الحجر تزن أحياناً عشرات الأطنان حتّى الارتفاع المطلوب، وأحياناً ارتفاعات هائلة. كلّنا يعرف مثلاً أبعاد الأهرام، أمّا أكبر مسلّة وُجدت في مصر فهي مسلّة الملكة حتشبثوت في الكرنك: 29,50 م ارتفاعاً و 374 طناً وزناً، أمّا المسلّة غير المنتهية في مقلع أسوان فيفترض أنّها تبلغ 41,75 م ارتفاعاً و 1200 طن وزناً. إلاّ أنّه قبل فتح مقدونية لم يعرف المصريون أيّ جهاز رافع، فاستعملوا بشكل أساسي الآلتين الأبسط واللتين عرفتا منذ القدم، الرافعة (المخل) والحدر (شكل 17). أمّا بالنسبة للنقل فكانوا يستعملون المركبة والمدحاة (شكل 18). إذن بنيت الآثار الضخمة التي ما نزالّ نراها اليوم بواسطة مواد بدائية جدّاً، والقوّة المحرّكة كانت مستقاة، معظم الأحيان، من الطاقة البشرية، أو الحيوانية.



شكل 18. ــ المركبة الزلاجة.

في الواقع ربّما كان المصريّون، كلّما كان البناء أكثر ارتفاعاً، يعتمدون طريقة إغراقه

في الرمل (وقد يكونوا استوحوا الفكرة من وجود صحراء تغرق كلّ شيء)، عبر تشكيلهم حدور يضعون بواسطتها القطع تباعاً، والأمر نفسه بالنسبة للمسلاّت. ثمّ ما أن ينتهي التركيز يُزال الرمل عن النصب. في الحقيقة هذا هو التفسير الوحيد الذي أمكن إيجاده.

كلّ هذا كان يفترض بالطبع نوعاً من البطء، ونعرف أنّ بناء هرم خفرع أخذ ثلاثين سنة وتتطلّب الكثير من اليد العاملة، أمّا معبد إدفو، وهو من العصر البطليموسي، فقد أخذ مائة وثمانين سنة لإنجازه. فهل استطاع الوقت وعدد الرجال التعويض عن الفقر التقني الحقيقي؟ بالطبع هناك عوامل أخرى. من جهة أخرى نجد المشاكل نفسها بالنسبة لبناء كاتدرائياتنا الكبيرة.

لطالما فاض الخيال بالنسبة لموضوع الأهرامات، والبعض أراد أن يرى فيها ترجمة لكلّ العلوم الخفية. ويمكننا أن نميّز العديد من المراحل، على فترة قصيرة ومحدودة، المتعلّقة بتقنيات بناء مختلفة رغم أنّنا لا نعرفها بصورة كاملة: الأهرامات المدرّجة، وأوّلها هرم الملك جيزر الذي أقيم في سقارة (نحو 2780 ق. م)؛ أهرام ميدوم ودحشور («معيّن الشكل»)، مزدوجة الانحدار (نحو 2680 ق. م)؛ والأهرام المنتظمة كما في الجيزة أو أبو سير، والأهرام الصغيرة في سقارة (بين (2650 ق. م و 2400 ق. م).

إذن حصل التطوّر على فترة أطول بقليل من ثلاثمئة سنة، وهي فترة قصيرة. لا وجود للأهرامات قبلها، ولا بعدها في مصر، ومن العبث الاعتقاد بأنّه في ذلك العصر، وخلال فسحة زمنية محدودة كهذه، قد وجد انقلاب تقني حقيقي. ربّما يمكننا النظر بهندسة أدقّ، أمّا الحسابات، إن وجدت، فيُفترض أن تكون بدائية جدّاً على أيّ حال. وكان المطلوب انحناء عادي، لتجنّب الانزلاقات، وهي غير واردة كثيراً إذا كان كل شيء من الحجر، ومن جهة أخرى لتجنّب الردم الكبير الذي كان يستعمل لرفع الحجارة. «هذه التغيّرات المظهرية، كما يشير س. سونرون S.Sauneron، هل تترجم تطوّراً في الأفكار المتعلّقة بالهرم نفسه، أم أنّها علامة محاولات متتالية أجراها المهندسون المعماريون للوصول إلى البنية الأكمل؟».

أمّا تصاميم المعابد فكانت بسيطة للغاية، ومكرّرة بصورة غير متناهية. وأقدم المعابد هما معبدا الكرنك والأقصر، إذا لم نرد ذكر إعمارات سقارة، ولكن هذين البناءين لطالما أعيد العمل فيهما، فوسّعا وتحوّلا على مدى قرون عديدة إنطلاقاً من عهد السلالة الثامنة عشرة. وتُفسّر كثرة الأعمدة، وهي ليست دائماً موفّقة، بثقل البلاطات التي كانت تشكّل سقف الصالات. من الناحية التقنية، يمكن اعتبار هذه العمارة بسيطة، بل أيضاً تبسيطية، والمشاكل الوحيدة التي وجدت كانت تتعلّق بوضع مختلف العناصر المعمارية موضعها.

وكان العقد معروفاً ولكن نادر الاستعمال، ونراه انطلاقاً من السلالة الأولى (3300 ق ـ م 3000 ق. م): قنطرة نصف اسطوانية، من الآجر الخام، مبنية دون قالب خشبي، مع تركيب من الطبقات المنحنية. لكن، انطلاقاً من السلالة السادسة (2423 ـ 2260 ق. م)، نجد العقود الحجرية الكاملة، كما يوجد نوع آخر هو عقد الخرجة.

نحن هنا بصدد تقنيات معمارية بعيدة نوعاً ما عن الدقّة، ودون مشاكل مادية كبيرة؛ الحجم الكبير، دون مخاطرة. بالمقابل، تُظهر لنا معابد دير البحري حسّاً في التوازن ومنظورات تصل إلى حدّ الإتقان.

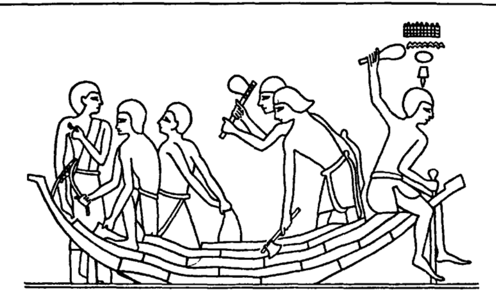
المدى والمواصلات

إنّ الواقع الجغرافي تحكّم بطريقة تنظيم المكان في مصر، فهي عبارة عن شريط طويل من الأرض، قليل العرض، وفي وسطه نهر فيضاناته كبيرة ومنتظمة نوعاً ما. من هنا يمكن استخلاص بعض النتائج.

نهر النيل هو المسلك الطبيعي للمواصلات، فالطريق البرية لم تكن موجودة فعلاً وكان من الصعب شقّها في الطمي أو في الرمل. بالتالي لم تعرف مصر القديمة العربة، أمّا المركبة التي أدخلت متأخّرة فلم تُستعمل سوى في الحروب. كما أنّ قلّة عرض الواحات المتتالية التي تحيط بجانبي النهر دفعت إلى إقامة كلّ الصروح الكبيرة بمحاذاة الدرب المائية. وأحياناً، كما في أسوان، حفرت بعض القنوات من أجل إيصال الماء إلى المقالع.

مورس النقل بواسطة الإنسان بشكل واسع، ونرى مراراً تلك السلال الكبيرة، المعلّقة على أكتاف رجلين بواسطة عصا، فبهذه الطريقة كانت تُنقل الغلال. كما نرى نقلاً بواسطة الحيوانات، لا سيّما الحمار، انطلاقاً من عهد السلالة الثانية عشرة. وهناك صور تظهر لنا استعمال المدحاة والزلاّجة من أجل نقل القطع الكبيرة؛ عندئذٍ تجرّ المجموعة بواسطة عدد من الرجال أو من الحيوانات.

الزوارق التي استعملت للإبحار في النيل كانت على أنواع مختلفة، أوّلاً كان يوجد القارب البسيط الذي نراه يُستعمل للصيد في مناطق المستنقعات وكان يوجد مراكب النقل، المصوّرة بكثرة، منذ العهود القديمة (شكل 19)، كانت على أحجام مختلفة ودائماً مرفوعة جدّاً من الأمام ومن الخلف، مع مسحوب مياه ضعيف، تحمل سارية مع شراع مربّع وتُحرّك بواسطة دفّتين جانبيتين، وكانت تسير إمّا بالشراع إمّا بالمجذاف. كما أنّ هناك رسماً من دير البحري يظهر طوفية نقل كبيرة، من أجل مسلّتين، على شكل مستدير أكثر، ومن المحتمل أن تكون تجرّها سفن أخرى (شكل 20).

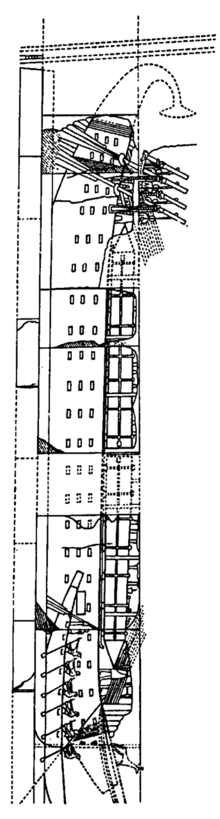


شكل 19. ــ بناء مركب بواسطة قطع خشبية صغيرة (الامبراطورية الوسطى).

من الصعب إعادة تشكيل الأعمال الكبيرة، إذ تنقصنا الصور والنصوص في هذا المجال، وقد يكون بعض المؤرخين المعاصرين قد لجأ إلى خياله وتصوّره.

إنّ مصر القديمة قد عرفت المدن، مثل ممفيس وطيبة إن أردنا ذكر المدن المعروفة أكثر من غيرها. وقد اختفت هذه المدن كلّيا، كونها مبنية من الآجر الخام، ما عدا المعابد، والمنازل الوحيدة التي اكتُشِفت هي منازل تلك التجمّعات السكنية المؤقّتة التي كان يقيم فيها عمّال بناء الضرائح والمعابد، في الجيزة كما في كاحون، كما في دير المدينة. وفي أقدم العهود، يبدو أنّ المنازل كانت تتألّف من العناصر التي دامت بعد ذلك: قسم الاستقبال، المخازن والقسم الخاص، مع ممرّ متعرّج يؤدّي إلى الشارع. في كاحون، كانت منازل العمّال البسيطة تتضمّن من ست إلى سبع غرف (أي 100 م^2)، أمّا مساحة البيوت الكبيرة مع فناء داخلي ورواق فكانت تصل حتّى 2400 م^2. وكانت «مدينة العمّال» في تل العمارنة تتضمّن بيوتاً بأربع غرف متشابهة تماماً. وقد عرفت المدن البيوت المبنية بطبقات لأنّ الأرض كانت حتماً نادرة ومرتفعة الثمن، ولدينا على هذا رسوم وتصاميم؛ كان العمّال يعملون في الأسفل، في الطابق الأوّل توجد غرف الاستقبال، وفي الثاني السكن الخاص ويعلو الجميع سطح أو تراس. وإذا كان لمدن العمّال تصاميم منتظمة، فالأمر لم يكن كذلك بالنسبة للمدن الكبيرة، أمّا السور فكان عملياً مجهولاً.

كونه مسلكاً طبيعياً كبيراً ومصدراً للمياه، شكّل نهر النيل اهتماماً دائماً للسلطة السياسية، إلاّ أنّه لم يكن يُعرف كما يجب: فقد كان يجهل المصريون القدماء أين منبعه ولم يتوصلوا أبداً إلى تفسير الفيضانات وكان يتم قياس الفيضانات بواسطة أجهزة «النيلومتر»



شكل 20. ــ طوفية تنقل مسلات

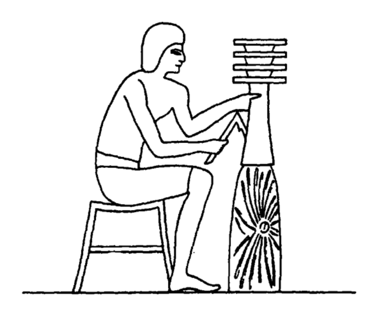
وكانت أوائل النيلومترات تصنع من الخشب كما يظهر لنا رسم على أحد الضرائح (شكل 21). بعد ذلك بدأ بناء نوع من الآبار تصل إلى مستوى المياه: وكان هناك علامات أو درجات تحدّد معدّل المستوى، معدّل الفيضان، والفيضانات الاستثنائية. ونجد منها آثاراً في جزيرة الفيلة في أسوان وفي معابد كوم أمبو وإدفو، وكلّها أبنية من العهد البطليموسي. وكانت تلك القياسات تستخدم لتحقيق بعض أعمال التنظيم وخاصّة لوضع أساس الضريبة.

بالطبع اهتمّ المصريون بضبط الفيضانات؛ لم يفكّروا ببناء سدود مثل السدود الحديثة في أسوان، لكنّهم فكّروا بتحويل المياه، إلى حيث لم يكن يحيط بالنهر الصخور العالية، ومن المحتمل أن يكونوا قد شكّلوا بحيرة كارون (معريس) في أحد المنخفضات من أجل الهدف نفسه، ولقد كان يروي هذه البحيرة قناة متوازية أوّلاً مع النيل، ثمّ منحرفة نحو الغرب، وأخيراً تربطها بسافلة النيل قناتان متوازيتان، وفي الوقت نفسه كان يتمّ استثمار واحة الفيوم. يصعب القول في أيّ عصر نفّذت هذه الأعمال: أقدم آثارهذه المنطقة تعود إلى عهد السلالة الثانية عشرة (2000-1785 ق. م).

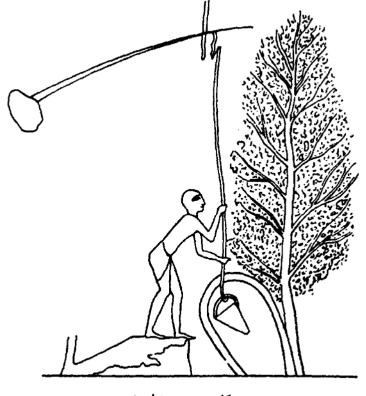
أمّا أنظمة الري فقد اختفت تماماً، فهي كانت في الحقيقة منشآت هشّة ربّما يُعاد بناؤها بعد كلّ فيضان للنهر. ونرى على قبر نخت (نحو 1415 ق. م) صورة عمّال يحفرون قناة: أحدهم يقطع شجرة بواسطة الفأس وآخر يستخدم المجرفة للحفر. كان يجب، تبعاً لنظام يشبه النظام الهولندي، رفع الماء من مستوى إلى آخر من أجل استعمالها، ولهذا كانوا يستعملون آلتين، الشادوف وهو معروف دون شك منذ القدم، ولولب أرخميدس ويعود حتماً إلى ما قبل عهد العالم الكبير الذي يحمل اسمه (شكل 22).

كان من المستحيل التفكير بإعداد النيل كي يكون طريق اتصال كبيراً، بل لم يكن القيام بهذا الأمر ممكناً. لطالما دار النقاش حول القناة المسمّاة بقناة البحرين، التي أعيد تناول مشروعها عند الزقازيق، من حوض النيل حتّى الإسماعيلية، حيث توجد قناة تستعمل بحيرات عامر وتؤدّي إلى السويس الحالية. ويُقال أنّ عرضها كان يسمح بتمرير ثلاثة مراكب ثلاثية المقاذيف. هناك من نسب هذا العمل المهمّ إلى السلالة السادسة (2423-2263 ق. م)، وهناك من يعتقد، بصورة محقّة أكثر دون شك، بأنّه يعود إلى نهاية القرن السادس ق. م (نحو 520 ق. م).

بالطبع كان هناك أيضاً الكثير من التحويلات المساعدة، ومعظمها لم يكن يُستعمل سوى خلال الفيضان. ذكرنا قنوات مقالع أسوان، وفي حلوان هناك بقايا سدّ يعود كما يُقال إلى الألف الرابع ق. م، واستخدم ليروي مقالع الرخام. كما أنّه تمّ حفر بعض القنوات من النيل من أجل ريّ المدن والقرى: هكذا من نعوسر ـ ري حتّى أبو سير، في ظلّ السلالة



شكل 21. ــ صناعة نيلومتر من الخشب.



شكل 22. ــ شادوف

الخامسة (2563-2423 ق. م). القساطل كانت من النحاس مع فواصل من الجصّ، وفي تانيس كانت تُستعمل المخروطات الخزفية.

ما نزال بحاجة إلى أبحاث من أجل تكملة هذا الجدول المختصر الذي استعرضناه، ونأمل أن ترى النور قريباً.

إذن نرى بوضوح أنّ قدامى المصريين قد عرفوا نظاماً تقنياً حقيقياً، مترابطاً، حتّى لو بدا محدوداً في وسائله، وقد قاموا بإنجازات مدهشة وإن كنا نرى مثلها في أمكنة أخرى (بلاد ما بين النهرين، المكسيك بالنسبة للأهرام). الظروف الجغرافية فرضت حلولاً قد تكون سدّت الطريق أمام هذا النظام، وقلّة استعمال العجلة، التي لا نراها سوى في دولاب الخزّاف، منعت دون شك بعض التطوّرات: إنّها كلّ الآلية التي توجد خارج الحضارة المصرية، ليست فقط الآلية الصناعية بل أيضاً آلية الحرب، المنعدمة تماماً بينما كانت موجودة في حضارات ما بين النهرين القريبة والمعروفة من قبل المصريين.

بلاد ما بين النهرين

بين بلاد ما بين النهرين ومصر نجد تشابهات كما نجد مفارقات، والتشابهات هي دون شك ظاهرية أكثر منها حقيقية. فنحن بصدد منطقتين تحيطان في الواقع بنهرين كبيرين، لكنّ الظروف المناخية والمائية كما طبيعة الأراضي هي مختلفة، ويمثّل حوض دجلة والفرات درجة من الوحدة أقلّ بكثير ممّا نجده في وادي النيل. نحو الجنوب، تتعلّق بابل بشدّة بالنهرين اللذين يساعدان على الحياة إمّا عن طريق الفيضان إمّا عن طريق الريّ؛ نحو الشمال، يمرّ عبر السهل في الأراضي المنخفضة عدد من المجاري المائية يشكّل كلّ منها وحدة اقتصادية؛ أمّا في أشور وسوريا، فإنّ المطر القادم من الغرب يسمح بإقامة زراعة لا تحتاج إلى ريّ.

على مسافات شاسعة كهذه، من الشمال إلى الجنوب، لا يمكن للمناخات أن تكون نفسها، فالشتاء لطيف في المناطق الجنوبية، في بلاد سومر، حيث نجد أشجار البلح بكثرة؛ في بلاد أكّاد، في الشمال، الشتاء بارد، أمّا في بلاد أشور وفي سوريا قد يهبط الثلج ونجد بدلاً من النخيل الكرمة والأشجار المثمرة.

الموارد الطبيعية محدودة نسبياً، حجر البناء ليس ذا نوعية جيّدة والصوان نادر، بالمقابل ساعدت وفرة المعادن في الأناضول على اعتماد المعدن بشكل أسرع منه في مكان آخر.

من الطبيعي أن تكون كلّ هذه العوامل أثّرت على تطوّر التقنيات، وبديهي أن تكون

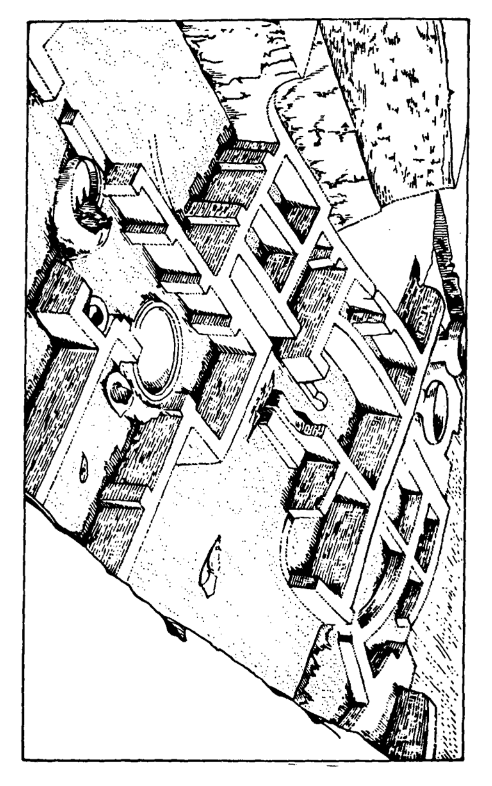
فرضت ضرورات من نوع مختلف عمّا صادفناه في مصر، وهذا رغم التطابقات الزمنية التي أثّرت في العلاقات بين سكّان ضفاف النيل وسكّان ضفاف دجلة والفرات.

اكتشاف الحضارة

لقد سبق أن تكلّمنا عن بعض المواقع التي كشفت عن عهد نيوليتي متقدّم، لا سيّما في النواحي الشمالية والغربية من هذه المنطقة الجغرافية الواسعة. إذن كانت تلك البلاد تتمتّع، عند مشارف الألف الرابع ق. م، بحضارة تقنية لا يُستهان بها، وقد ساهم وجود الأعراق المتنوّعة، تقريباً كما في مصر، بوضع نظام تقني وصل بسرعة إلى حدّ الإتقان. ونرى عبر المراحل الأولى عدداً من الاكتشافات المتتالية زمنياً، والتي يبدو أنّها تنقل مركز الحضارة من الشمال إلى الجنوب.

سبق أن ذكرنا جرمو. كانت القرية، أو بالأحرى مجموعة القرى المتعاقبة، تقع على حافّة فوق واد رافد من نهر دجلة، ويبدو بوضوح كيف أدّت بدايات نشاط زراعي إلى استقرار دائم للشعوب. هناك اكتشفت بذار قمح وشعير، قوالب وأسنان مناجل إلى جانب بقايا عظام حيوانية تعود إلى أنواع مدجّنة (خرفان أو ماعز، ثيران، خنزير وكلب). كانت البيوت مبنية من الصلصال المضغوط والتراب المدكوك مع ألواح من القصب. هذا الموقع، الذي أقامه دون شك مزارعون بدائيون، يعود إلى حوالي العام 5000 ق. م، وهنا لم نزل بصدد تقنيات بسيطة جدّاً.

حسّونة، في بلاد أشور غربي نهر دجلة، تميّزت آنذاك بنوع من التطوّر. كانت الحياة الزراعية فيها تؤمَّن بواسطة مجريي ماء دائمين وأمطار منتظمة، والبعض يعتبرها أوّل زراعة في العالم. إذا كان لم يوجد أيّ أثر للمنازل (شكل 23)، فقد اكتشفت بالمقابل جرار كبيرة من الخزف غير المتقن، مخلوط بالقش المقطّع ومشوي بطريقة رديئة. كما وجدت طواحين ذراعية وأدوات اتُّفق على أنّها مجارف، وعظام ماشية كبيرة وخرفان أو ماعز، وكلّها تدلّ على ممارسة نشاطي الزراعة وتربية الماشية. كذلك كان يُمارس الصيد بواسطة المقاليع وكانت كلها من الصلصال المشوي؛ رؤوس الحراب المسنّنة كانت غائبة. كان الخشب حتماً يُشغل بواسطة الفؤوس والبليطات. بعد ذلك تبع هذا النوع من الإقامة قرى فلاّحين ثابتة، وذلك على مراحل ست؛ من القرية الأقدم لا نملك سوى بعض الجدران، أمّا في المرحلة II فنجد منازل مستطيلة الشكل، وفي القرى من III إلى V كانت البيوت تتألّف من ثلاث إلى أربع غرف، مجتمعة حول فناء، وكانت الأبواب تدور حول مدارها داخل حقّ حجري. كما كان يوجد أفران للخبز وأماكن لحفظ الغلال هي عبارة عن جرار من الطين النيء الممزوج بالقش والمطلي من الخارج بالزفت أو بالقار.



شكل 23. ـــ منظر مزرعة في حسونة نموذجي.

(عن لويد وسافار Journal of near eastern Studies , Lioyd et Safar، مجلةّ دراسات الشرق الأدنى، 1945).

كانت الأدوات الزراعية متطوّرة بما فيه الكفاية آنذاك، وكانت صناعة الخزف تتضمّن آنية مدهونة ناضجة جيّداً. تلك الشعوب كانت تستورد السبج وحجر المعشوق وتعرف كيفية ثقبهما، أمّا النحاس فيبدو أنّه كان غائباً. ويعتقد تشايلد Childe أنّ نشاطاً زراعياً راسخاً كهذا ساهم بنوع من الانطلاق الديموغرافي، وهذا ما قد يفسّر انتشار تلك الحضارة.

وتمثّل صناعة الخزف في المرحلة VI في حسّونة شيئاً جديداً نوعاً ما، هذه الحضارة الجديدة سمّيت بالحلفية، نسبة إلى موقع تل حلف، وامتدّت من التلال الإيرانية شرق نهر دجلة حتّى البحر الأبيض المتوسّط. وهنا نمرّ إلى مرحلة أكثر رقيّاً بالطبع.

فهنا نرى زراعة القمح والشعير، وتربية عرقين من البقريات، وخرفان، وماعز وخنازير، رغم أنّ الصيد كان ما يزال يزوّد بمقدار لا يستهان به، وهو صيد كان يُمارس دوماً بواسطة المقاليع. كما لدينا شواهد على صناعة نسيجية ولكن لا نعرف ما إذا كانت من الصوف أو من الكتّان. النحاس ظهر على شكل درر صغيرة، كانت تأتي ولا شك من الطبقات المعدنية الطبيعية. وكانت السكاكين وأسنان المناجل تصنع دوماً من السبج والقرنية، كذلك كانت البليطات تصنع من قطع حجرية مصقولة، مركّبة على قبضات معقوفة.

هناك إناء حلفي دفع البعض للاعتقاد بوجود العربة ذات العجلات في ذلك العصر، لكن يُستبعد أن يكون هذا التفسير صحيحاً، فالحلفيون لم يعرفوا المنشار وهو أداة ضرورية لصنع العجلة، كما أنّهم لم يعرفوا دولاب الخزّاف، وفي الواقع لا نعرف عجلات دائرية تعود إلى ما قبل سنة 2000 ق. م. أمّا عجينة الخزف فكانت صافية جدّاً ومغطّاة بدهان مصقول أحياناً، ويفترض بالأفران أن تكون قد وصلت آنذاك إلى حرارة عالية، حتّى 1200 درجة.

شغل الحجر بقي دائماً ممتازاً، حتّى في أصلب الحجارة، وتدلّنا على ذلك أوان، ودرر وحتّى تعويذات.

إذا كانت شبكة الطرقات، كما سبق أن قلنا، إشارة مدينية معيّنة، نرى في أربشية أنّ الشوارع كانت مرصوفة بطبقة من الحصى. كما نرى فيها أبنية سميّت بالخلوات، كانت إمّا عبارة عن معابد بدائية، إمّا مخازن للغلال لكنّ الأهمّ أنّها تدلّ على حياة جماعية منظّمة.

إنّ الحضارة الحلفية، وهي حضارة منتشرة كثيراً في تلك المنطقة، خلفتها حضارة العبيد السومرية، وهو موقع في الدلتا. قد يكون السومريون الأوائل، كما يقول تشايلد، من مكان آخر، من مكان أقدم، ربّما من سهب الشمال الغربي، ربّما من الجبال الشرقية حيث كان يشرد الخروف البرّي، الأروية والماعز وحيث كانت الزروع تنمو بصورة فطرية. على أيّ حال كان بلد الدلتا ذلك خصباً بشكل غريب ويُعاد تخصيبه كلّ سنة بواسطة الطمي

والغرين. كانت البحيرات تزخر بالأسماك، وبالطرائد من كلّ نوع. وإذا كان هناك نعيم طبيعي فلقد كان بحاجة إلى عمل مكثّف، «وإلى التعاون المنظّم بين أعداد كبيرة من الناس»، كان يجب إيجاد الأراضي للزراعة، وتخفيض أراضي المستنقعات، والتحكّم بالري وبالفيضان. سوف نعود، عند نهاية الفصل، إلى هذه الظروف الاجتماعية والسياسية، التي نصادفها أيضاً في مصر والتي قد تكون خلف التجديدات التقنية.

«لقد افتُرِض أنّ زارعي سومر العبيديين قد تصوّروا اقتصاداً زراعياً، مستنداً على الري، قادراً على إنتاج ما يكفي من الغذاء لشعب زراعي متزايد وتقديم فائض اجتماعي يستعمل لأعمال أخرى غير منتجة وللتجارة».

لا وجود فعلي للحجر في تلك البلاد لذلك وجب أقصى ما يمكن استعمال المواد التي بمتناول اليد، لا سيّما الصلصال والقصب. وإذا كانت المناجل تُصنع من الصلصال المتصلّب بواسطة النار فقد اعتُمد من أجل البناء عنصر جديد هو الصلصال المقولب، أي الآجر. في مدينة ايريدو من تلك المنطقة ظهر للمرّة الأولى الآجر الخام الذي عرف تطوّراً مهمّاً بعد ذلك كما نعرف، أمّا الحجارة لصنع الأدوات فكانت تُستورد ولم تختلف طريقة شغلها عمّا كانت عليه في الفترة الحلفية. النحاس الذي يحفظ مدّة أطول ويمكن إعادة جلخه كان استعماله نادراً، ونستنتج وجوده فقط من خلال تقليد أدوات الحجر والصلصال للأدوات المعدنية.

الخزف اعتني به كثيراً وأخذ عدد منتوجاته يتزايد بصورة ملحوظة، وكانت تُرسم رسوم هندسية على الوجه غير المصقول، مع تلوين ملمّع بشكل خفيف.

ثمّ ظهر الهيكل بصورته النهائية ولم تتوقّف مذ ذاك أهمّيته عن التزايد، ففي تلك الحضارة الزراعية القائمة على تنظيم صارم للري، كان الهيكل مكان تعبّد وشعائر كما كان مكان لقاء، لكن ندرة البقايا والآثار التي وصلتنا وغياب النصوص المكتوبة يمنعاننا من الذهاب أبعد من ذلك. «كلّ إنشاءات عبيد المعروفة تبقى مجرّد قرى؛ فلا من ناحية الأبعاد ولا من ناحية تميّزها الفاعل يمكن أن نطلق على تجمّعات تلك الشعوب المحلّية إسم مدن. فقط في فترة أوروك استطاع بعضها أن يصل إلى هذه المرتبة».

لقد حدّد علماء الآثار فترة أوروك من خلال ظهور خزف ملبّس بالأحمر أو الرمادي، غير ملوّن. إن مراحل حضارة أوروك الأولى تتطابق مع فترة عبيد الأخيرة (أي نحو - 3900 3500 ق. م)، وقد افترض أنّ هذه الحضارة الجديدة كانت فعل شعوب أتت من الغرب ومن الشمال الغربي، وقد تكون شعوباً سامية. ونلاحظ أنّه في ذلك العصر كانت التقنيات تتحوّل تماماً كما البنيات الاجتماعية. يذكر تشايلد:

حتّى بين أقدم خزفيات أوروك (إيريش - XIV وإيرودي - 5)، نرى آنية مصنوعة على الدولاب. ونسلّم بأنّ دولاب الخزّاف لا يشكّل فقط اختراعاً حاسماً بحدّ ذاته، بل يؤدّي بنا أيضاً، بالإضافة إلى اقتصاد واضح المعالم، إلى استنتاج استعمال الأدوات المعدنية، أي إلى وجود حدّادين محترفين، وإلى ترافقه دوماً مع العربات المعجّلة.

بعبارة أخرى، نرى هنا نظاماً تقنياً جديداً. ويتابع تشايلد قوله:

لقد ساهم استثمار دلتا نهري دجلة والفرات بتحديد الظروف الاجتماعية والاقتصادية التي ظهرت فيها ميزات الصناعة المعدنية والعربات المعجّلة، والتي انتشرت في ظلّها وحدة المسكن وأصبح الفائض الاجتماعي كافياً لإعاشة الخزّافين المحترفين، عمّال المعادن والأخصّائيين الآخرين.

بالطبع نتج عن هذا مباشرة ازدياد سكّاني ملحوظ.

ونعود إلى الهيكل، مكان التعبّد ومكان اللقاء، وكذلك مركز حفظ قسم من الإنتاج الزراعي، الذي تابع نموّه. في إيريدو وكانت هياكل أوروك القديمة تتبع التقليد العبيدي، إنّما أصبحت أكبر. الهيكل III بني على أسّ من الحجارة الكلسية، وفي المرحلة IV ب في إيريش فقط ظهر الهيكل مع أعمدة، أعمدة من الآجر، وقد تمّ تدعيم عدد من المساحات وتزيينها بواسطة فسيفساء من مخروطات الصلصال النضج مغروزة في ملاط من الطين الرخو.

وكانت تُحفر على أختام وألواح المرحلة الأخيرة في أوروك أرقام وسمات اصطلاحية: إنّ هذه الوثائق المكتوبة الأقدم تمثّل محاسبة الهيكل، حيث كان نظام التعداد المعتمد هو النظام السادس عشري. أمّا بالنسبة للكتابة، فقد كانت صورية وربّما رمزية.

عندئذ قامت الحضارة بخطوة واسعة إلى الأمام، ليس في الكتابة وحسب بل ظهرت أيضاً تجمّعات - إيريدو، إيريش، أور، لاغاش وأوغير - يمكن تسميتها مدناً، وكذلك هياكل كبيرة؛ كلّ هذا يترجم تنظيماً اجتماعياً ومستوى تقنياً معيّناً لم يُدركا قبل ذلك الحين.

وظهر المحراث، أو بالأحرى المحراث البسيط، وكذلك المنجل المعدني. وتنظّم بعد ذلك النشاط الزراعي، وأصبح يؤخذ الحليب من البقر، ويُربّى الماعز ونوعان من الخرفان، الأوّل طويل الوبر، كالخروف المصري، والثاني مجعّد الجزّة. بالنسبة للصيد، بدأ استعمال القوس وأصبحت رؤوس السهام من المعدن. كما أصبحت الأنهار تشهد مرور سفن مرتفعة الأطراف، وفي البرّ كانت تُستعمل العربات المعجّلة وأيضاً الزلاّجة، حيوان الجرّ

الأساسي كان الثور على ما يبدو ومن المحتمل أن يكون قد تمّ تدجين الحمار الأسيوي أو الحمار الأحقب.

وتمكّنت مجموعة التقنيات المتطوّرة هذه أن تقدّم الملحقات الضرورية لصناعة حرفية أخذت تتوسّع هي أيضاً: فكثر عدد عمّال المعادن والجلد، والنحّاتين، والنجّارين والخزّافين. وتعلّم الإنسان كيف يمزج النحاس بالرصاص من أجل تخفيض درجة إذابة المعدن الأوّل. بالمقابل لم يُعرف البرونز القصديري، وكانت المعادن تستورد بمعظمها من بلاد الأناضول. كما عرف الخزف انتشاراً واسعاً وتصنّع على ما يبدو في أوروك الحديثة.

نحن هنا عند نهاية الألف الرابع وبداية الألف الثالث ق. م، حيث ظهر نظام تقني بكامله، نظام مترابط، ونشاطات متنوّعة ومتكاملة. وهذا النظام كثير الشبه بما عرفته مصر في ظلّ السلالات الطينية، أي مصر العصر نفسه. فقد كانت سبل التطوّر والنموّ نفسها رغم وجود مفارقات ملحوظة في التفصيل. كانت ملابس صيّادي الأسود نفسها، وسفينة أوروك شبيهة بالسفن الجرزية «الأجنبية»، كما أنّ هناك تشابهاً إلى درجة الالتباس بين نوع جرار أوروك معقوفة العنق وما نراه على لوحة نرمر (مينيس). إلاّ أنّ بعض الملامح الخاصّة بسومر قد تجعلنا، في بعض الحالات، نعطي الأفضلية لهذا البلد.

من الطبيعي أن يكون وُضع الكثير من الافتراضات حول هذا التزامن، المدهش رغم قرب المنطقتين، وقد أُبرز الدور الذي قد تكون لعبته بعض الشعوب العربية، السامية، من شمال الجزيرة العربية، التي انتشرت إلى شرق وغرب موطنها الأصلي ونقلت بين جهة وأخرى الاكتشافات التي جرت على ضفاف النيل أو على ضفاف دجلة والفرات. وهكذا انتقل إلى مصر بعض تقنيات بلاد ما بين النهرين، لا سيّما بعض أشكال الفنون، ومن مصر أتى إلى سومر القوس وعجينة الخزف الملوّنة.

نحو العام 3000 ق. م، ندخل المرحلة التاريخية. هنا أيضاً نشكو، عند مؤرّخي العهد القديم لبلاد ما بين النهرين، من نقص تأريخ دقيق فيما يخصّ التقنيات، فكما بالنسبة لمصر لا نميّز بما فيه الكفاية مسار تطوّر نظام تقني لم يبق جامداً منذ أوائل تلك الفترة الطويلة حتّى آخرها، تطوّر تسجّل في الأفعال والأحداث منذ البدء. لقد كان يجب في الواقع قيادة ذلك النظام التقني إلى نموّه الكامل، ونلاحظ بدء التقدّم منذ عهد جمدت جمدت نصر. بالطبع كان الحجر والصلصال المتصلّب بالنار ما يزالان يُستعملان على نطاق واسع لكن الأدوات المعدنية بدأت تتزايد بوضوح: صنارات، أزاميل، فؤوس، أوعية من النحاس، الرصاص والفضّة، وقد تعلّم الإنسان كيف يفصل الفضّة عن الرصاص. في نفس العصر لم تكن

سوسة I أ سوى قرية كثيرة السكّان ولكن عتادها كان كثير الشبه بعتاد سومر، وفي سوسة ج، عند بداية أوروك الحديثة، ولدت حضارة جديدة: الشاهد الأكبر على ذلك الكتابة وظهور المدينة بمفهومها الحقيقي. كما اعتقا. من جهة أخرى أنّ تجديدات سوسة ب قد تكون عائدة إلى إدخال عناصر حملت تقنيات شبيهة بما كان في سومر في عهد أوروك. إذن تمّ وضع ذلك النظام التقني نهائياً بين العامين 3000 ق. م وحوالي 1500 ق. م، ونستنتج هنا أيضاً التزامن نفسه مع الحضارة المصرية.

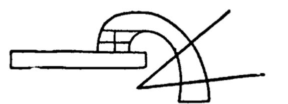
النشاطات الأولية

أخذ النشاط الزراعي الموقع الأهمّ في الاقتصاد عند بداية الألف الثالث ق. م، ومن هنا أهمّية التقنيات الزراعية. كما في كلّ الزراعات، كان التطوّر في هذا المجال بطيئاً نسبياً، وعلى أيّ حال تدريجياً. حتّى الاجتياحات والاضطرابات التي تعرّضت لها تلك المناطق على مدى التاريخ لم تحمل تغييرات تذكر بهذا الصدد.

النباتات المزروعة كانت تقريباً نفسها التي التقينا بها خلال العهد النيوليتي المتقدّم، ونفسها التي زرعها قدامى المصريين في نفس العصور؛ فنجد الشعير، الزرع الأساسي، القمح والذرة البيضاء، لكنّنا لا نقف كثيراً عند الفكرة التي قال بها بعض علماء الآثار وهي أنّ بلاد ما بين النهرين كانت منشأ الزروع. بعد ذلك يبدو أنّ الحدائق أصبحت تتضمّن أغذية متمّمة منوّعة جدّاً، أكثر من مجرّد السنفيات التي كنّا نجدها في العهد النيوليتي. ولدينا قائمة، متأخّرة لأنّها تعود إلى القرن الثامن ق. م، بما كان يمكن زراعته: ثوم، بصل، كرّاث، ملفوف (؟)، خسّ، شمرة، سلق، لفت، فجل. كما كنّا نجد معظم النباتات المعطّرة: ثلاثة أنواع من النعناع، حبق، زعفران، كزبرة، فيجن، صعتر، فستق، ونشير أيضاً إلى القنّة الفارسية، وإلى أنواع عديدة من الخشخاش. ومن الصعب أن نعرف، من خلال ما نملكه من وثائق، تاريخ بدء اعتماد هذه الزراعات.

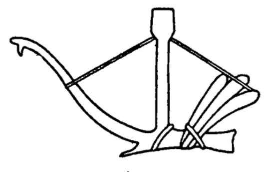
كذلك لا نملك المعلومات الوافية بشأن زراعة الأشجار المثمرة؛ يبدو أنّ الكرمة كانت معروفة ومزروعة إبّان العهد السومري، ثمّ سرعان ما ظهرت أشجار الفواكه، وعلى رأسها النخيل، في المناطق الأكثر إلى الشمال. وفي عهد بابل عرفت تقريباً كلّ الفواكه: رمّان، أكّي دنيا، مشمش، درّاق وتين.

هناك القليل من الصور التي تمثّل الأدوات الزراعية؛ لقد رأينا عند نهاية العهد القديم تجاوز المحراث البسيط للمجرفة التي كانت معروفة منذ القدم. وهنا تكمن مسألة لم يمكن حلّها بعد؛ في مصر، استخدم الفلاّح محراثاً بسيطاً مع قبضة ـ مزحف بينما نرى هنا محراثاً بأسنان متميّزاً جدّاً (شكل 24). الفرق واضح ويستحقّ دراسة عميقة أكثر، لا سيّما أنّ هذا

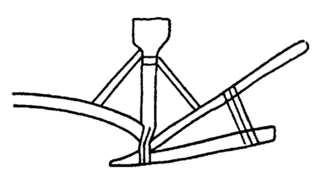


شكل 24. ـ محراث بسيط عن رمز صوري

من عهد أوروك.



شكل25. ـ محراث



شكل 26. ـ محراث عن منقوشة من عهد أسرمدون

المحراث يحمل نوعاً من خزّان للبذار، إذا صحّ التأويل، لكن هذا الملحق يبدو متأخراً (شكل 25 و 26). من جهة أخرى، انتقلنا عند نهاية فترة أوروك دون شك من المنجل الخشبي ذي الطرف الحجري القاطع إلى المنجل المعدني.

عادة كانت الحبوب تحفظ في أمكنة لم تتطوّر كثيراً إذ لم تتجاوز كثيراً ما كانت عليه في العهد القديم.

أمّا تربية الماشية فقد نمت بسرعة وقد تدجّنت باكراً البقريات، الخنزير، الحمار، الماعز وخاصّة الخرفان. ولنقص في الأدوات المعدنية كان الصوف يقتلع من ظهر الماشية عوضاً من أن يُقطع. وتدلّنا نقيشة مشهورة أنّ الحليب كان يستعمل منذ عهد عبيد وتصنع منه الزبدة وبالطبع الجبنة، وكان الاصطبل، المبني من القصب، مكان أخذ الحليب الذي كان يُسكب في جرّة كبيرة تُهزّ باستمرار كانت عبارة عن الممخضة، بعد ذلك تصفّى الزبدة في قمع يحتفظ بالروبة التي توضع في جرّة أخرى. كذلك ظهرت بسرعة الطيور الداجنة كالوزّ والبطّ بدرجة أولى وبعد ذلك جاء الدجاج.

ثمّ نرى أنّ الصيد أصبح بسرعة نشاط الأكثرية من الطبقات، للّذة أكثر منه للبحث عن مورد إضافي، وهناك الكثير من الصور التي تمثّل مشاهد الصيد، خاصّة صيد الأسود منذ العهود البعيدة. وكان الصيد يتمّ بواسطة القوس والرمح، كان الخنزير البرّي يُحاش وكذلك الحجل، ومنذ الألف الأوّل ق. م. بدأ الصيد بواسطة الصقر. نشير أيضاً إلى استهلاك الجراد، ونراه مصوّراً في مشابك.

مورس صيد السمك على نطاق واسع، بفضل وجود البحيرات والقنوات، وكان مورداً مساعداً مهمّاً، هناك لوحة تشير إلى ثمانية عشر نوعاً من الأسماك المصطادة. ثمّ سرعان ما ظهرت أحواض السمك.

وكان هذا الصيد يتمّ بواسطة الخيط والصنّارة (وقد تحولت إلى معدنية)، بالشبكة، وبالخطّاف للأسماك الكبيرة.

لقد عانت بلاد ما بين النهرين من نقص في الخشب واضطرت إلى استيراده، وهنا نجد نفس الظاهرة التي صادفناها في مصر، والتي وضعت عوائق أمام بعض التطوّرات التقنية. أهمّ هذه الأشجار كان النخيل، لأليافه التي تصنع منها الحبال، لبذور ثماره التي كانت تُستعمل كوقود أو تطحن للعجن وتأكلها البهائم.

كما أنّ تلك المنطقة بكاملها كانت تجهل الطبقات المعدنية الطبيعية، كانت المعادن إذن تأتي إمّا من مناجم الأناضول الغنية، إمّا من الخليج الفارسي. النحاس ظهر عند نهاية فترة عبيد لكنّه بقي نادراً، وفي سوسة نجد مرايا مصنوعة من صفائح نحاسية مصقولة، وفؤوساً وأدوات نحاسية أخرى. وقد جرت تحاليل على أغراض وجدت في المقبرة الكبيرة في سوسة وأعطت تركيب 92,12 % من المعدن الصافي، دون حديد، كبريت، زنك ولا منغنيز، ولكن مع بعض أثر للنيكل. نجد إذن عند فجر الألف الثالث ق. م، النحاس الصافي دون أي خليط، هذا المعدن كان يأتي من عُمان، من الهضاب الإيرانية ومن الأناضول.

البرونز الحقيقي، وليس فقط خليط الرصاص والنحاس، لم يظهر سوى في منتصف الألف الثالث ق. م: برونز القصدير أو برونز الأنتيمون. هناك لوحة من عهد سلالة أور الثالثة تعطي التركيب التالي للبرونز: 80,05 % من الرصاص، 5,84 % من الأنتيمون، والباقي معدن لم يتمّ التعرّف إليه.

أمّا ظهور الحديد فقد بقي سرّاً خفياً، ونجد هنا وهناك وفي عصور بعيدة بضعة أغراض حديدية ولكن تبدو معزولة. في مصر، في ضريح ما قبل سلالي، في الجرزة، وجدت أجزاء عقد من الحديد المؤكسد، وفي هرم خوفو وجدت أدوات من الحديد اللدن. في بلاد ما بين النهرين، نحو 2700 ق. م، أي في نفس العصر تقريباً، التقطت شظايا حديدية وفي تلّ أسمر، ضمن أغراض تعود إلى القرن الخامس والعشرين ق. م، وجدت قبضة خنجر برونزية بقي فيها بعض فتات حديدي. وقد اختلفت الآراء حول ما إذا كان هذا الحديد معدنياً أرضياً أم حديداً نيزكياً. لقد كانت شفرة الخنجر الذي وجد في خفاج مسكوبة إنطلاقاً من معادن أرضية، لكن البعض يعتقد، ومنهم تشايلد، أنّها استوردت من أرمينيا ربّما أو أنّه كما يمكن الاستنتاج من خلال أحداث سابقة، اكتشفت إحدى القبائل البربرية طريقة اقتصادية لتحويل المعدن ونجحت في إبقائها سرّاً حتّى نهاية الألف الثاني ق. م.

من المؤكّد أنّ الحديد لم يكن تجديداً من قبل الحضارة المصرية ولا حضارة ما بين النهرين، وأيضاً كانت مصر تملك طبقات معدنية افتقرت إليها بلاد ما بين النهرين. وقد افتُرض أنّ الحثيّين كانوا أكبر مزوّدين بالحديد للحضارات القديمة، في القرن الثامن عشر ق. م، كان الحديد يوجد في أماكن عدّة ولكن بكمّيات ضعيفة نسبياً وأصبح استعماله رائجاً فقط انطلاقاً من القرن الثاني عشر ق. م. سبق أن رأينا أنّ فترة الحديد الحقيقية في مصر

جاءت متأخّرة، ويبدو أنّ هذا المعدن استُخدم بادىء الأمر لصناعة الأسلحة خاصّة، بينما كان عدد من الأدوات يصنع من النحاس ومن البرونز.

بالمقابل هناك مادّة سرعان ما أتقنت شغلها حضارات ما بين النهرين: الزجاج. وقد تكون بداية الألف الثاني ق. م هي فترة اكتشاف الشعوب ليس فقط للزجاج العادي بل أيضاً للزجاج الملوّن.

في مجال هذه التقنيات الأوّلية يبدو أن سكّان ما بين النهرين قد سبقوا الحضارة المصرية، خاصّة في ما يتعلّق بإنتاج المواد. الميزة التي كان يتمتّع بها سكّان وادي النيل هي وجود موارد طبيعية أكثر كمّية وتنوّعاً. كان سكّان ما بين النهرين يعتمدون كثيراً على ما يستوردونه من الخارج وقد مرّوا حتماً بفترات افتقروا فيها إلى بعض المواد. ففي العهد السلالي القديم II على الأكثر، كان عمّال النحاس السومريون يستعملون برونز يحتوي من 6 إلى 10 % من القصدير (ولا نعرف تماماً مصدر هذا القصدير) وهناك فترات يبدو لنا فيها القصدير غائباً تماماً.

النشاطات الثانوية

بشكل عام لا نملك ما يكفي من المعلومات حول تقنيات القطاع الثانوي في بلاد ما بين النهرين، فليس هناك تقريباً أيّ نصّ بهذا الشأن والرسومات، على عكس ما نجد في مصر، نادرة جدّاً. كذلك من الصعب أن نتبين طرق الصناعة من خلال ما وصل إلينا من أغراض. هكذا فإنّ المعلومات التي ندرجها ستكون موجزة لا سيّما أنّه، باستثناء بعض الحالات، قلّما انكبّ علماء الآثار حول هذه المسائل.

نميل دوماً إلى وضع الصناعة النسيجية على رأس هذه الميادين التقنية. لقد استُعملت الألياف النسيجية الأساسية وعلى التوالي، أوّلها الصوف وبقي مسيطراً طويلاً، لم يكن يُجزّ بل يُقتلع ممّا كان يتطلّب أعداداً كثيرة من القطعان، ولم يبدأ جزّ الصوف سوى عند بداية الألف الأوّل ق. م عندما جاءت المجزّات الحديدية إلى البلاد. كان تبييض الصوف يتمّ بواسطة أنواع عدّة من الصابون (القلي، بوتاس الرماد، الشبّ، الراتنج)، وقد عرف الإنسان المزاوجة بين الصوف الأبيض والأسود.

يبدو أنّ الكتّان زرع باكراً في فلسطين، وكان يقتلع ويجفف تحت أشعّة الشمس على سطوح المنازل، ثمّ يوضع، بعد نقعه، في الأفران لتنشيط عمليّة التجفيف وبعد ذلك يُطرق بالبيزر ويسرّح. في بلاد ما بين النهرين لم يتمكّن الكتّان من منافسة الصوف. يجب أيضاً

ذكر القنّب، أمّا القطن فقد زرع مرحلياً، ذلك أنّ الملك سنحاريب حاول نحو العام 700 ق. م أقلمته في أشور على نطاق واسع، انطلاقاً من شتلات قيل أنّها جاءت من وادي السند، لكن سقوط نينوى عام 612 ق. م أوقف انتشاره.

إنّ أوّل أنسجة عرفناها هي الأنسجة التي اكتشفت في سوسة وتعود إلى نهاية الفترة العبيدية. هذه الأنسجة تتراوح بين القطعة غير المتقنة، مثل قماش اللف، وقماش الباتستة الفاخر. كانت تصنع من الكتّان، بخيوط مفتولة مراراً مع طرفين اثنين للحبكة. أمّا بالنسبة للأدوات التي استعملت فالمعطيات ضئيلة؛ لدينا رسم لغزّالة من سوسة تستخدم المغزل والعرناس حسبما قيل، وهناك ختم يصوّر محرف نسيج (شكل 27)، حيث نرى قطعة القماش، نصف منتهية، ممتدة بين شخصين؛ نحن هنا دون شك بصدد نول أفقي. وفي فلسطين يبدو أنّ النول العمودي استُعمل بسرعة، أمّا المكّوك فلم يُذكر إلاّ في نصّ متأخّر (جوب Job , VII، 6).

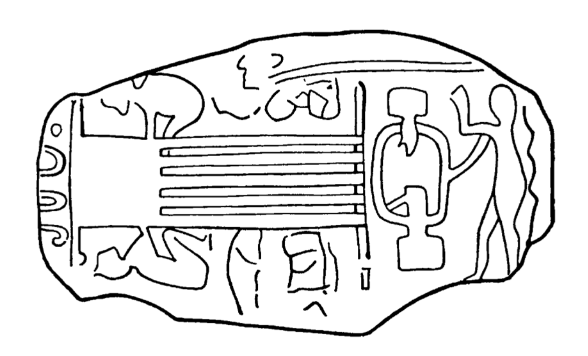
بادىء الأمر كانت الملابس تصنع من جلود الخرفان، ثم تم تقليد أشكالها مع مادة الصوف، بعد ذلك نرى مجيء الجوخ الذي ينتهي بتطريز. في الألف الأوّل ق. م تُرك لباس الجوخ وحلّ محلّه جلباب طويل، لكن الرجال خلال العمل كانوا يلبسون جلابيب قصيرة مع حزام، وكان التطريز رائجاً بين الطبقات الراقية.

هذه الأقمشة كانت تُصبغ وذلك منذ أوّل عهدها وكانت الألوان الأساسية تُستقى من النيلة، الزعفران والقرمز مع كلّ الألوان المركّبة التي يمكن أن تعطيها. في العهد الأشوري نتأكّد من استعمال السجّاد من خلال عتبة الأبواب في قصر خرساباد (القرن الثامن ق. م) التي تقلّد نحتاً صورة سجّادة مع شرّابات. من جهة أخرى من المعقول جدّاً أن تكون صناعة النسيج المصرية، انطلاقاً من عهد معيّن، أفضل من الناحية التقنية منها في بلاد ما بين النهرين.

وكما في مصر كان الجلد كثير الاستعمال في ما بين النهرين. ورويداً رويداً، اقتصر استعماله على صناعة الأحذية والعتاد العسكري، ومن المحتمل أن تكون تقنيّاته شبيهة بما كانت عليه في مصر. كان الجلد يغلق كالكيس وينقع في دنّ مليئة بالدباغ، لكن ليس لدينا أيّ صورة تمثّل تقنيات الجلد هذه. ومن الجلد كانت تصنع الدروع، الأغماد، الجعب، الحميلات والأحزمة، إلاّ أنّ بلاد ما بين النهرين مارست كثيراً أيضاً صناعة القرب، الأكياس، المظلاّت وأيضاً مفاصل الأبواب وقوارب الجلد المدروز. لكنّ توسّع القوّة الأشورية استبدل الجلد بالزرد وبالخوذات المعدنية.

شكل 27. ــ مشهد نسيج

(عن كونتونو Contenau , «la Civilisation dAssur et de Babylone»، باريس، 1937)



أمّا شغل الخشب فكان بالطبع أقلّ مستوى في بلاد ما بين النهرين منه في مصر، وذلك لسبب أساسي هو نقصان المادّة الأوّلية، بينما استعمال خشب النخيل بقي محدوداً. ونرى كلّ هذا من خلال بعض عقود بيع أبنية حيث كان البائع ينقل الأسوار الخشبية وكأنّها ممتلكات ثمينة. من المحتمل أنّه كان للصروح العامّة فقط هياكل خشبية، وكان النجّارون والأبنوسيون، وعددهم رغم هذا لا يُستهان به، يصنعون أسوار المنازل هذه، ومقابض الأدوات والأسلحة، والصناديق التي كانت قطع الأثاث المعروفة الوحيدة.

قيل أنّ السومريين كانوا في البدء يستعملون من أجل نقش الجواهر والتغشية أصدافاً بحرية متبقّية في البحيرات وقريبة المظهر جدّاً من العاج. بعد ذلك استعمل العاج فعلاً، فقد كان الفيل ما زال يعيش في سوريا العليا في النصف الثاني من الألف الثاني ق. م، وقد اكتُشِفت منذ سنوات نماذج مهمّة عن شغل العاج في أكثر من مكان؛ في أشور، في سوريا وفي فلسطين.

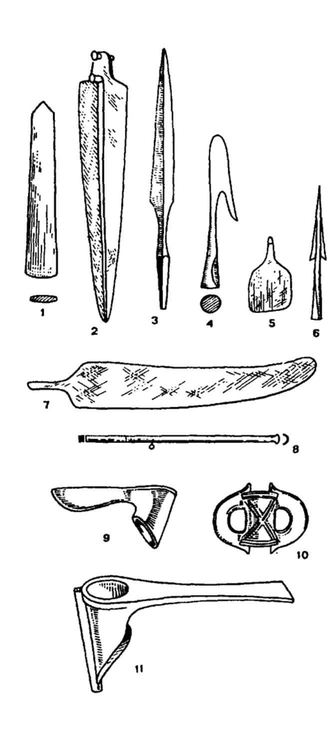
وكما في أيّ مكان آخر، مورست فنون النار على نطاق واسع وفي تقنيات متنوّعة تستعمل أشكالاً مختلفة من الأفران. يبدو أنّه سرعان ما وصلت تقنية الأفران إلى مستوى أكيد والحرارات حتّى نحو 1200. استعملت النار بادىء الأمر لتحضير الأغذية وكذلك

لمشروب استهلك، كما في مصر، على درجة واسعة، وهو الجعة، وكانوا يستعملون لصنعها الشعير المتخمّر، ونادراً جدّاً القمح. كانت الحبوب توضع في جرار كبيرة تخضع لحرارة هادئة، بعد ذلك لإيقاف الإنتاش وللاحتفاظ بسكّر الملت. يجفّف الحبّ تحت الشمس أو في الفرن، ثم يسحق بالمدقة ويفصل عن عصافته بواسطة الغربال. يحتفظ بهذا الملت في جرار ثمّ يُطهى عجائن مع مواد معطّرة، بعد ذلك ينقع خبز الملت في الماء ويُراقب تخمّره بعناية، ولهذا كانت تُستعمل أنواع عدّة من الخميرة. أمّا الأدوات الأساسية فكانت الأجران، الأفران والأواني.

الخزف، المعروف منذ القدم، تلقّى تحسينات متتالية، لا سيّما منذ الألف الرابع ق. م، عندما ظهر الدولاب وحلّ محلّ الدوّارة. وقد احتفظ بصورة دولاب خزّاف على اسطوانة من سوسة، يميل شكله إلى الاستطالة ومزوّد عند الطرفين بقبّتين منخفضتين لحفظ الحرارة أقصى ما يمكن، أمّا الرطوبة الناتجة عن عمليّة الطهو فكانت تخرج عبر صفّ مزدوج من ثقوب التهوية. كما عرفت أنواع دائرية أخرى. الفحم كان يأتي من خشب النخيل، من العليق ومن نواة البلح.

صناعة الآجر تحوّلت ببطء؛ قطع الآجر المستطيلة التي نجدها في مباني أوروك الحديثة حلّت مكانها قطع صغيرة إحدى جهتيها مسطّحة والأخرى مقبّبة. في البدء، من المؤكّد أنّ هذه القطع كانت قطع آجر خام، مجفّفة تحت الشمس ومصنوعة في قوالب خشبية، لكن قليلاً قليلاً أبعدت إلى مجرّد دور التعبئة وأصبحت الواجهة مبنية من قطع آجر مشوية ومطلية انطلاقاً من القرن الخامس عشر ق. م. وقد اضطرّ الافتقار الكلّي إلى الأحجار لدى شعوب ما بين النهرين إلى الاقتصار على الآجر بينما كان المصريون يحوزون، على الأقلّ من أجل صروحهم الأثرية الكبيرة، على مادّة أمتن بشكل لا يقبل المقارنة. قبل ظهور الآجر المشوي والمطلي، من الطبيعي أن تكون الترميمات متكرّرة، حتّى في بلد تقلّ فيه الهواطل نوعاً ما، مثل المناطق الجنوبية.

رغم عدم غناهم بالمعادن، مارس سكّان ما بين النهرين شغل المعدن. كان عدد الحدّادين والصّاغة كبيراً والأغراض التي وصلت إلينا تدلّ على مهارة نادرة، لكن هنا أيضاً لا نعرف على وجه الدقّة التقنيات المعتمدة: لم يُكتشف أيّ فرن معدني محفوظ جيّداً وتفلت منّا معظم طرق الإذابة والقولبة وكذلك طرق الحدادة. لقد مارس سكّان ما بين النهرين الإذابة بالقوالب، مع تهذيب بالمبرد وبالإسفين الصغير، كما أنّهم مارسوا طرق المعدن على البارد. ومن أجل تماثيلهم المعدنية الصغيرة، طبّقوا نفس التقنيات التي اعتمدها المصريون: صفائح رقيقة من المعدن مثبّتة بواسطة مسامير على دمية من الخشب.



شكل 28. ــ جهاز الأدوات الذي وجد في أور.

1، إسفين مسطح، 2، شفرة خنجر، 3، رأس رمح ينتهي بسطام، 4، رأس خطّاف مع حلقة، 5، موسى، 6، رأس نبلة، 7، منشار، 8، منقر (قطعة مثقوبة)، 9 و 10، فؤوس، 11، فأس عارضة.

(عن تشايلد، «l'Orient Préhistorique»، باريس، 1953).

بالنسبة لجهاز أدوات بلاد ما بين النهرين فهو محدود كما لدى المصريين في نفس العصر، والقائمة قصيرة نسبياً:

أسافين مسطّحة مع كِعاب حادّة؛ مناشير يخرج زجّها من مركز الكعب؛ ملاقط صغيرة مؤلّفة من قطعتي معدن ترتبط إحداها بالأخرى؛ خطّافات كبيرة أو عقّافات، بسنّين أو ثلاثة؛ فؤوس منحنية الحدّ نحو الأسفل؛ بليطات أو فؤوس عارضة؛ خناجر بيضاوية مع ضلع وسيط؛ شفرات على شكل هلال؛ رؤوس رماح مع شفرة على شكل ورقة أو سطام، وقاعدة ثمانية الأضلاع يخرج منها زجّ رباعي الزوايا ينسلّ داخل قبضة من القصب؛ رؤوس سهام مزدوجة التشوّك؛ رأس نبلة مفرد التشوّك؛ كعاب سهام وحراب متشعّبة، مثبّتة في أغماد من القصب.

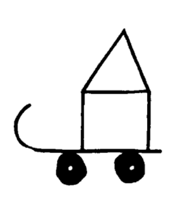
قلّما تعرّضت هذه الأدوات للتغيّر، حتّى مع المرور من معدن إلى آخر (شكل 28).

كما في مصر، لم تُعرف الآلة تقريباً في بلاد ما بين النهرين، إلاّ أنّه تجدر الإشارة، بالنسبة للعتاد الحربي، إلى الآلة المطرقة التي وصلتنا صور عنها. ويبقى القوس والرالمدى، امح، مع عربة القتال التي سنعود إليها، أساس التسلّح.

المدى، البناء والمواصلات

نلتقي هنا بنفس المشاكل التي اعترضت المصريين وباستثناء بعض الحالات بنفس الحلول التي أوجدوها.

كانت المواصلات أمراً ضرورياً، على الأقلّ من أجل التزود بمواد لم تكن تعرفها المنطقة. بقيت المواصلات البرّية على مستوى من النمو ثابت نوعاً ما، فلقد اعتمد النقل على ظهر الحيوانات على نطاق واسع نون شك، وبقي كذلك من جهة أخرى حتّى أوج القرون الوسطى في الغرب.



شكل 29. ـــ عربة معجلة عن رمز صوري من الواح أوروك.

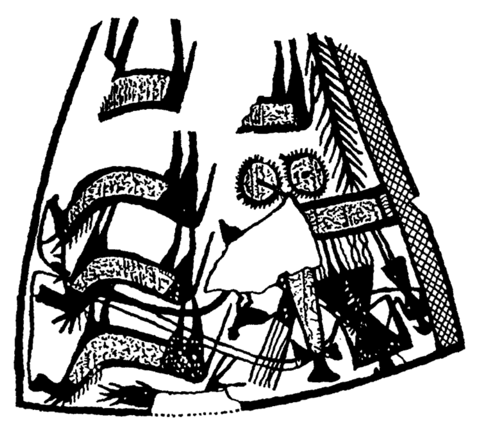
ولا نجد المؤرّخين متّفقين حول ظهور ما نسمّيه بالعربات، ربّما يتأكّد هذا الظهور منذ منتصف الألف الرابع ق. م من خلال الألواح القديمة في أوروك

(المرحلة VI)، التي يسمح لنا نظامها نصف الصوري بالتعرّف إلى بعض الأشياء (شكل 29)، وأحدها يمثّل، حسبما قال ب. غاريللي P. Garelli، عربة بأربع عجلات مشتقّة من زلاّجة على ما يبدو. ولا يتأكّد استعمال العربة إلاّ انطلاقاً من العام 2800 ق. م، بواسطة رسم على إناء حفاجي (شكل 30). وترى المؤرّخة إ. كاسن أنّه نحو منتصف الألف الثالث ق. م، تظهر لنا مسلّة النسور والفسيفساء المسمّاة بيرق أور عربات بأربع عجلات، مع صندوق كبير، والعجلات كانت ما تزال ممتلئة. أكثر من هذا، وجدت في بعض مقابر أور وكيش، في نفس العصر، هذه العربات ذات العجلات الأربع تجرّها ثيران أو حمير.

ثمّ حدث تطوّر كان من نتائجه الوصول إلى العربة الحربية، والتعديل الأوّل جرى في العجلات، فقد فرّغت من الداخل وشكّلت هكذا أربعة أشعّة. ويرى غاريللي أنّ سكّان ما بين النهرين تبعوا الميتانيين في اعتماد العجلة ذات الأشعة الستّة أو الثمانية انطلاقاً من القرن الخامس عشر ق. م، وهذا ما جعلها أقوى، أمّا الصندوق فقد خفّ وزنه بشكل واضح.

لكن في هذا المجال، الحدث الذي قلب ظروف النقل كان ظهور الجواد. ويبدو أنّ الجواد عُرِف واستُعمل منذ القدم في البلاد التي كانت تنتجه، وقد اخترق بلاد ما بين النهرين، حسب ج. كونتونو، شيئاً فشيئاً، لكن وجب الانتظار حتّى اجتياح الهكسوس، وكانت الخيول تجرّ عرباتهم الحربية، كي نرى استعمال الحصان ينتشر في البلاد. أخيراً قد يكون الحصان عُرِف مرحلياً نحو 2800 ق. م، ذُكِر شكلياً نحو 2000 ق. م، واستُعمل على نطاق واسع انطلاقاً من القرن السابع عشر ق. م.

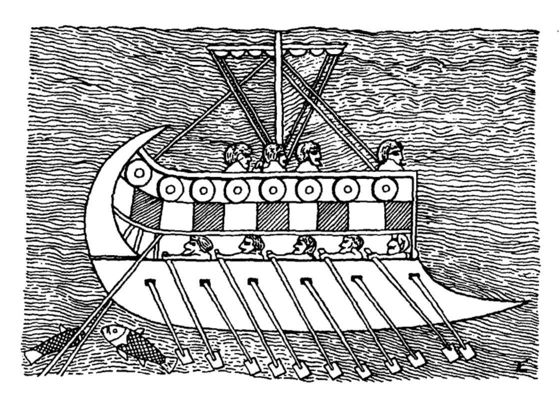
حسب أ. سالونين A. Salonen، قد تكون الكدريجة ظهرت عند نهاية القرن التاسع وبداية القرن الثامن ق. م، ونرى أوّل صورة لها على جدارية في تلّ برسيف، عائدة إلى السنوات 727/744 ق. م. ففي الواقع عمل السرجونيون على وضع عربة أثقل وزناً، أكبر حجماً وأعلى ارتفاعاً، مع عجلات بثمانية أشعّة.



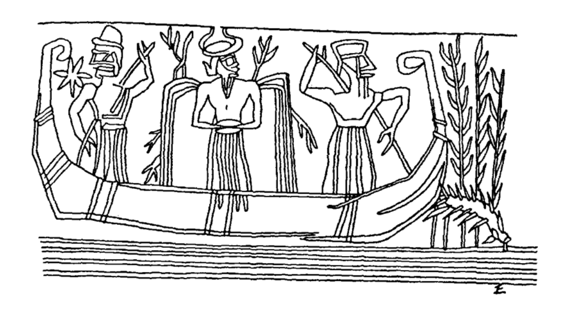
شكل 30. ــ عربة عسكرية.
إناء مأتمي من الخزف الأرجواني من حفاجي
(المتحف البريطاني)

لقد كان هناك الكثير من نماذج السفن ولدينا عليها صور شتّى، وأبسط الأنواع كان الطوف وهو مؤلّف من جذوع شجر يُلصق أحدها بالأخرى جيّداً. بعد ذلك ازدادت قدرة الطوف على العوم بإضافة أشياء أخرى إليه، فكان «الكلك» وهو طوف مزوّد بقرب منفوخة. وتعود أهمّ صور نملكها إلى العام 700 ق. م. كذلك تأكّدت سفينة البردى في بلاد ما بين النهرين السفلى، أمّا «القفّة» فكانت عبارة عن قارب مستدير الشكل، مؤلّف من هيكل خشبي وضعت عليه جلود مدروز بعضها ببعض: وقد شبّهت بسلّة كبيرة. كلّ هذه السفن كانت تتحرّك بالمجذاف وكانت دون سارية ولا شراع.

هناك أيضاً صور تمثّل لنا سفناً حربية مع سارية وشراع، ولكن أيضاً مع جذّافين على الصفّين، مقدّمها مرفوع على شكل رأس حيوان أو منخفض على شكل مهماز، هذا ما نراه على نقيشة تمثّل أسطول سنحاريب في الخليج العربي. ومن الممكن أن يكون سكّان ما



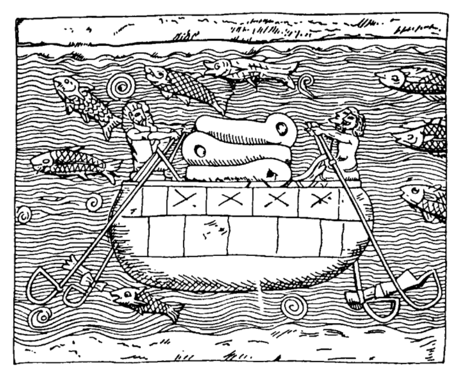
شكل 31. ـــ سفينة حربية.



شكل 32. ـــ إله النبات مبحراً فوق مستنقع ينمو فيه القصب على متن قارب يسمى اليوم بلم.
(عن كونتونو.)

بين النهرين، من أجل وضع هذه البحرية المتطوّرة، قد استدعوا العمّال الفينيقيين الذين تميّزوا بسفن ذاع صيتها (شكل 31 إلى 35).

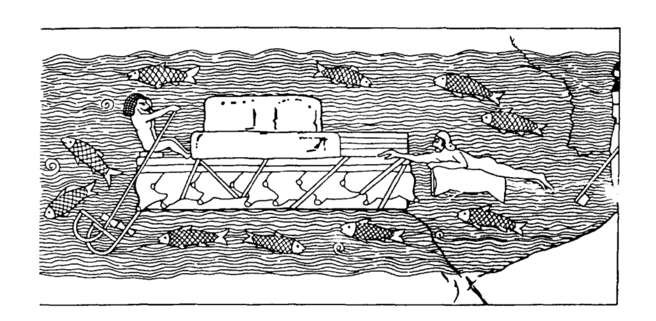
من الأبنية لم نعرف سوى القصور والهياكل. كانت المنازل مبنية أكثر الأحيان من الآجر الخام وقد اختفت كلّياً الآن كما حدث في مصر. القصر كان في الحقيقة الخلية النموذجية للبيوت الخاصّة متكاثرة حول عدد من الأفنية: ويعطينا قصرا ماري وخرساباد مثلاً واضحاً. لتجنّب الطوفان كانت هذه الأبنية تقام على هضاب من التراب المنقول والمدكوك.



شكل 33. ــ قارب يُدعى القفة. (عن كونتونو.)

لقد أشرنا إلى المواد التي كانت تستعمل وبشكل خاص الآجر الخام. منذ أوائل العهد التاريخي استعمل مزيج الزفت مع الصلصال كملاط أو كمعجون وتلبيس عازل. كذلك استعمل الزفت بنفس الطريقة من أجل السدود والأرصفة ولجلفطة السفن اي دهنها بالزفت او بمادة عازلة.

كانت الشرفات تقام على سطوح الأبنية ولكن كان يجب الانتباه إلى ضعف جذوع النخيل، ومن هنا وجود الصلات الطويلة لكن الضيّقة والجدران السميكة لمقاومة ضعف المواد، وكذلك غياب النوافذ، ويبدو جيّداً أنّ سكّان ما بين النهرين لم يعرفوا عقد القبّة ويعود هذا حتماً إلى عدم توفّر المادّة الحجرية. مع هذا يعطينا ج. كونتونو بعض الأمثلة:



شكل 34. ـــ طوف أو «كلك».(عن كونتونو).



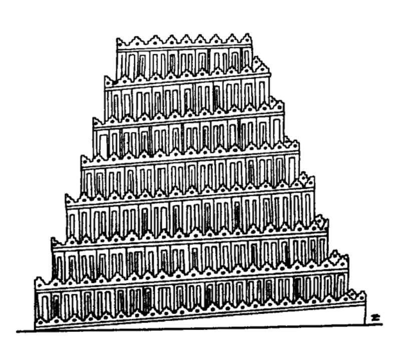
شكل 35. ـــ نفخ القرب من أجل عبور النهر.(عن كونتونو).



شكل 36. ـــ السقوف في بلاد أشور.

نُقيشة تُظهِر بيوتاً مع سقوف على شكل تيجان وقبب (شكل 36)؛ غرفة ملك أور، المستطيلة مع عقد قبّة إهليلجي؛ وبالنسبة لنظام مجاري قصر خرساباد فقد كان مؤلّفاً من ممّرات طويلة، ضيّقة ومقبّبة: لكن هذا البناء أقيم متأخّراً ويعود إلى القرن الثامن ق. م. أمّا الأعمدة فقد عرفها السومريّون: إنّها دعامات مربّعة من الآجر الخام، وكان العمود كما يمكننا تصوّره مؤلّفاً من قاعدة حجرية وجذع خشبي، هنا أيضاً حال غياب الحجر دون انتشار الأعمدة في البلاد. وفي عهد الامبراطورية البابلية كان يغطّي واجهات الأبنية الآجر المشوي، المطلي، مع نقوش عديدة.

لكن البناء الذي أكثر ما لفت النظر هو البرج المؤلّف من عدّة طوابق (الزِقُرة) الذي رافق الهياكل تقريباً على طريقة برج الجرس في إيطاليا (شكل 37). وقد ميّز ج. كونتونو بين نوعين: النوع السومري ويتألّف من عدّة شرفات متراكبة، [illegible]يه الزوايا لكن غير مربّعة، وبأبعاد غير متساوية، وعلى السطح الأخير نجد هيكلاً صغيراً، ونمرّ من طابق إلى آخر عبر أدراج ملتصقة بها. هكذا بنيت زقرة أور، وتعود إلى سلالة أور الثالثة (القرن الثاني عشر / الحادي عشر ق. م). أمّا نوع مناطق الشمال، فيمثّله برج خرساباد، وهنا يبلغ عدد الشرفات سبعاً وليس خمساً كما في سومر، الطوابق مربّعة ونصل إلى القمّة عبر مطلع (منحدر) يدور حول الصرح. لقد دار الكثير من النقاش حول غاية هذه الأبنية، وهي نماذج أولى عن برج بابل كما أنّها تختلف، من حيث المفهوم والبناء، عن أهرام مصر القديمة، وتمثّل تقنية متطوّرة آنذاك.



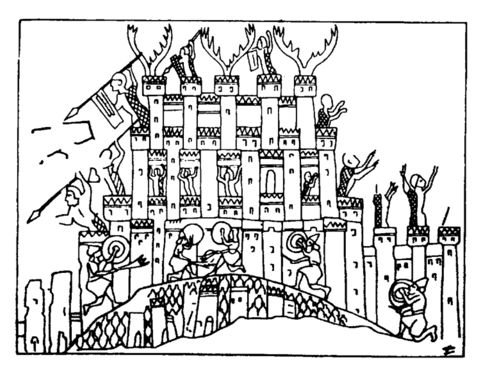
شكل 37. ــ الزقرة أو البرج المؤلف من عدة طبقات.

يحدّد تشايلد فترة الثورة المدينية في بلاد ما بين النهرين في الألف الثالث ق. م، فقد اعتُمِدت بسرعة التصاميم المنظّمة، وكنّا نعود إلى تصوّر عشوائي في رسم الشوارع. ويُفترض بالمدن أنّها كانت كبيرة نسبياً، فهناك لوحة بابلية من عهد السلالة الملكية البابلية الحديثة، خلال القرنين السادس والخامس ق. م، تشير إلى مدينة تتضمّن 103 هياكل، 900 معبد و 180 مذبحاً للإلٰهة عشتار.

معلوماتنا حول تجهيزات مدن ما بين النهرين قليلة جدّاً. لم تكن الشوارع ترصف إلاّ بصورة استثنائية وذلك لنقص الحجر، وقد اكتُشفت قناة مائية بطول ثلاثمئة متر فوق واد صغير يرسل إلى مدينة نينوى، من الجبال على بعد خمسين كلم عنها، مياه الشفة بواسطة قنوات، وكانت البلطات مطيّنة بالزفت للتأكّد من إحكام سدّها.

هذه المدن كانت محصّنة وهذا أمر جديد، فلقد رأينا أنّ المصريين قلّما استعملوا الحصون. وهذه الجدران كانت أحياناً مزدوجة كما كانت على ما يبدو مدعومة بأبراج عديدة ومرتفعة (شكل 38).

كانت الزراعة تقوم بالطبع على الماء، ولقد استعمل سكّان ما بين النهرين نفس التقنيّات المصرية، القنوات المتتالية والشادوف، كلّ هذه الإنشاءات كانت تتطلّب اهتماماً يقظاً.



شكل 38. ــ غزو إحدى المدن.

إذن يتراءى لنا نظاما مصر وبلاد ما بين النهرين التقنيّان متوازيين. بالطبع كان هناك تأثيرات متبادلة، أمّا المفارقات فتتعلّق بشكل أساسي بالظروف الطبيعية وربّما أيضاً ببعض التقاليد السالفة. البناء الحجري الكثير في مصر كان نادراً جدّاً في بلاد ما بين النهرين؛ المعادن، العربات والجواد عُرِفوا حتماً على ضفاف دجلة والفرات أوّلاً. ويشار أحياناً، بالنسبة لبعض النقاط، إلى أسبقية بلاد ما بين النهرين، لكن كلاً من النظامين لا يقلّ أهمّية عن الآخر. إذن حتّى الغزو المقدوني عاشت مصر وبلاد ما بين النهرين على نظامين تقنيّين ناميين نسبياً، وُضِعا بسرعة، وتطوّرا على مهل.

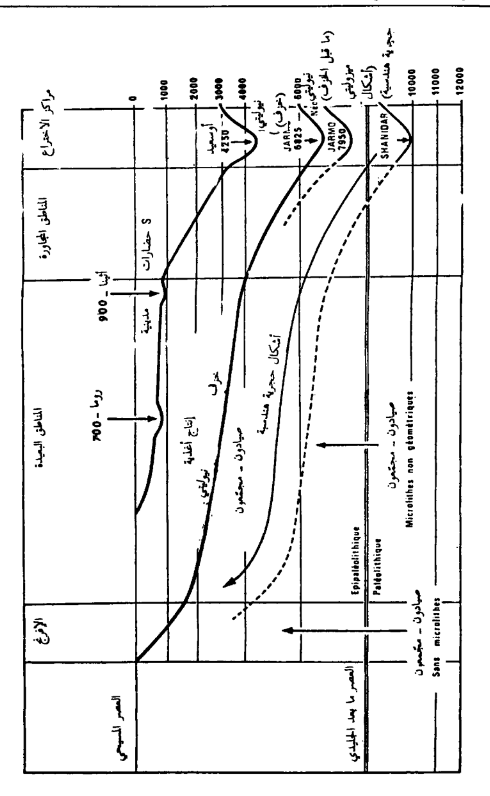
انتشار النظام التقني الجديد

إنّ نظاماً تقنياً كالذي وضع نهائياً في المنطقة الممتدّة بين ضفاف النيل وضفاف دجلة والفرات من الطبيعي أن يعرف، بعد بدايات واعدة وجدت في تسّاليا، في تراس وفي الأناضول، انتشاراً نحو المناطق التي كانت ما تزال متأخّرة تقنياً. وهذا الانتقال التكنولوجي، كما يُقال اليوم، طال أوّلاً طبعاً المناطق القريبة، ثمّ وصل تدريجياً إلى المناطق الأبعد. في الحقيقة لم يعرف تاريخ هذا الانتشار تماماً، إن من ناحية تأريخه أو كيفياته، هكذا فالجدول الذي ندرجه هنا سيكون صورياً وموجزاً (شكل 39).

يعود هذا الجهل لانتشار حضارة تقنية متقدّمة نسبياً إلى سببين أساسيين، الأوّل هو نقص المادّة الوثائقية لا سيّما الوثائق المصوّرة، إذ أنّنا هنا بعيدون عن غنى المقابر المصرية بهذا الصدد. ومن جهة أخرى نتناول عصوراً وحضارات تتغلّب فنونها، بالمعنى العام للكلمة، بالنسبة لعلماء الآثار والمؤرّخين، على تقنيّتها. هنا ندخل فعلاً في التاريخ البحت ونرى الباحثين، على الأقلّ حتّى العقود الأخيرة، لا يعيرون ما يكفي من اهتمامهم للمسائل المادّية البحتة.

المناطق المجاورة

إنّها أولى المناطق التي طالتها الحضارة وهذا أمر طبيعي تماماً. ضمن هذه المناطق المتاخمة كان هناك من استفاد بصورة استثنائية وعلى الفور من الحضارة التقنية في مصر وفي بلاد ما بين النهرين، إنّها المناطق الموجودة نوعاً ما في الحيّز الوسيط: هكذا مثلاً بالنسبة لسوريا وفلسطين. في عمق رأس الشمرة، أريحة والخيام ظهرت الزراعة بسرعة ونحو الألف الثالث قبل الميلاد أقامت تجمّعات السكّان مدناً فعلية. كان الأساس الغذائي مكوّناً من الزروع، أمّا الخزف فقد ظهر نحو العام 6000 ق. م في سوريا الشمالية، في نفس الوقت مع تراس (نيانيكوميديا)، الأناضول (ساتال هويوك) وإيران (تيبه أسياب). في كلّ هذه



شكل 39. ــ رسم بياني يمثّل انتشار الملامح الميزوليتية ثم النيوليتية من الشرق الأدنى نحو اوروبا. (عن أ. لوروا ــ غوران).

المناطق ظهر النحاس نحو 5000 ق. م، وفي الألف الرابع ق. م كان كلّ الشرق الأدنى يعرف إذابة المعدن.

ما أن اتّجهت بلاد ما بين النهرين، عند نهاية الألف الرابع ق. م، نحو حضارة تقنية جديدة حتّى استفادت منها كلّ هذه المناطق وحتّى مصر، بشكل فطري تقريباً. كان اختلاط الشعوب يسهّل هذه الانتقالات، وقد وصلت بيبلوس (جبيل) وأوغاريت إلى مستوى عال من الحضارة التقنية.

هناك مسألة أخرى أصعب للتفسير، فشرق كلّ هذه المناطق، في شرقها البعيد نجد وديان السند المنخفضة وروافدها، ونلتقي بتزامن في المجال التقني مع مصر وبلاد ما بين النهرين. والحقيقة أنّ لتلك المناطق خصائص مشتركة مع مصر وبابل: فهي مكوّنة من سهول غرينية قامت عليها زراعة ثابتة تعتمد، لقلّة الأمطار، على ري طبيعي أو مصنّع. كان ينبغي إذن هنا وهناك بذل مجهود متضافر، منظم، أدّى حتماً إلى وحدة حضارية جديرة بالملاحظة.

في تلك المناطق تركّزت الحضارة المدينية في الألف الثالث ق. م، مع حصون وقلاع كبيرة تحميها أسوار من الآجر الخام (هرّابا Harrapa وموهنجو ـ دارو Mohenjo-daro). إنّها عبارة عن عواصم، مع رؤساء وإدارة، وتُستخدم أيضاً كمستودعات للحبوب. مدن مبنية جيّداً، حسب تصاميم مدروسة جيّداً، ومجهّزة بنظام مجار متقن جيّداً.

في الأودية، كان كلّ شيء يقوم على زراعة مرويّة: فقد كان يُزرع القمح (Titricum Compactum)، الشعير، الحمّص والسمسم. ودجّنت الثيران الهندية ذات الحدبة ونوع آخر من الثيران دون حدبة، الجواميس، الماعز، الخرفان، وأيضاً الطيور الأليفة والفيلة. وهناك شكّ حول تربية الخنازير.

كانت الأبنية من الآجر المشوي في الفرن، وأحياناً كان يوجد تعاقبات من الآجر الخام والآجر المشوي، الكل مدعوماً بواسطة روافد خشبية سميكة. كان الحجر نادراً والخشب نسبياً وفيراً.

أهمّ المعادن التي استعملتها تلك الحضارات كانت معروفة: الذهب والفضّة، الرصاص والنحاس. كان يُشغل البرونز القصديري وكذلك خليط النحاس والزرنيخ، بنسبة 3,4 إلى 4,4 % لهذا العنصر الأخير. كما وكانت شعوب السند تمارس الإذابة.

إذا كان الخزف هناك متطوّراً أكثر ممّا كان عليه في سومر، فإنّ الأسلحة والأدوات كانت بالعكس بدائية. نشير من جهة إلى المقاليع والهراوات، ومن جهة أخرى تمّ اكتشاف

أسافين مسطّحة، أكثر عرضاً وتسطّحاً عند القبضة، فؤوس مسطّحة منحنية الحد، مناشير صغيرة، خناجر، رؤوس حراب وسهام، سكاكين ومواس، محاطب ومناجل، وكانت قبضات كل هذه الأدوات مختلفة عمّا صادفناه في سومر. أمّا العربات والزوارق فتلتقي مع ما يزال يُستعمل اليوم في تلك البلاد.

إنّ استنتاجات ف. ج. تشايلد V.G. Childe تستحقّ الذكر:

لقد قدّمت الهند، خلال الألف الثالث ق. م، مقابل حضارة مصر وبابل، حضارة خاصّة، مميّزة في العمق ومستقلّة، وعلى نفس المستوى التقني كمنافستيها. هذه الحضارة الهندية هي تأقلم كامل للحياة البشرية مع ذلك المكان، تأقلم جاء نتيجة سنين من الجهود الصبورة: حضارة متأصّلة في عمق تربة ذلك البلد، وحضارة دامت طويلاً؛ فكونها مذ ذاك هندية الهوية، جعلها تشكل أساس الحضارة الحديثة في الهند، في الهندسة المعمارية وفي الصناعة، وأكثر درجة في الزي وفي الدين. ونرى في مدينة موهنجو ـ دارو ملامح كانت دائماً ميزات الهند التاريخية.

إذن حضارة تقنية مستقلّة، لكن كيف نوفّق بين الحضارات التقنية في الغرب والشرق؟ هنا رأى البعض أنّ نقطة الانطلاق ربّما كانت عند جوانب الهضبة الإيرانية، لا سيّما أنّ التبادلات عبر هذه الهضبة كانت سهلة. إذن قد يكون هناك مكان بدء العملية التي أدّت إلى حضارات مادّية على مستوى عال من النمو. ولا يمكن إنكار توازي هذه التطوّرات، فالتشابه في بعض المنتوجات مذهل للغاية. الزروع نمت ضمن حالتها البرّية حول الهضبة الإيرانية، وكذلك الأشجار المثمرة؛ المشمش، الدرّاق، وربّما الكرمة، كذلك أيضاً كانت تشرد الخرفان. لقد جعلت النزوحات بين الوديان والجبال من ذلك المكان منطقة مثالية «للثورة النيوليتية». إذا كانت بلاد الفرس بقيت دون كتابة حتّى الألف الأوّل ق. م، فقد عرفت حضارات غربي إيران اقتصاداً زراعياً مختلفاً، وامتلكت مناجل ذات أسنان صوّانية، ودجّنت الثور ونوعين من الخراف أخذت منهما الحليب والصوف، واستعملت البليطة، مجارف الحجر المنحوت، الخزف، الصناعة المعدنية، دولاب الخزّاف، هذا الدولاب الذي نراه في بلاد ما بين النهرين كذا قرناً قبل العام 3000 ق. م وفي الحوض الهندي كذا قرناً قبل 2500 ق. م.

ونعود إلى تشايلد:

إنّ استعمال دولاب الخزّاف أو الأدوات المعدنية لا تتوقّف فقط على معلومات تقنية. فالانتاج الغزير للأدواني الهشّة لا يستحقّ أن تقوم به بلدة معيّنة إلاّ في حال وصل عدد الذين يعيشون فيها إلى رقم كبير. ولا يمكن لجماعة معيّنة أن تستعمل أدوات المعدن إلاّ عندما تنتج فائضاً اجتماعياً فعلياً. وتتحدّد العتبة في كلتا الحالتين حسب عوامل اقتصادية واجتماعية؛ كفاية الاقتصاد

الزراعي وتركّز أو على الأقلّ سيولة الفائض الاجتماعي. فقد تكون أوان مصنوعة باليد وأدوات حجرية دليلاً على القلة والفقر لدى جماعة ما أكثر منه على قدم عهدها.

نصل هنا إلى العلاقات بين النظام التقني والنظام الاقتصادي والاجتماعي وبالتالي السياسي. لنكمل:

من ناحية أخرى، كانت الصناعة المعدنية والخزف على الدولاب، وأيضاً بناء العربات، مهناً تتطلّب اختصاصيين يعملون بدوام كامل، ولم يكن بين هؤلاء أية صلة قرابة أقلّه اقتصادياً؛ كانت مواهبهم السريّة تتيح لهم وسائل العيش في أيّ مكان تمتّع بفائض اجتماعي. هكذا فإنّ قرية عادية من المزارعين لم تكن تتطلّب أو تقدّم لنفسها خدمات أكثر من واحد أو اثنين من الحدّادين أو الخزّافين؛ كان من الأفضل لمبتدىء في حرفة معيّنة أن يذهب للبحث عن عمل ومعاش في مكان قريب بحاجة إليه. إذن انتشار التقنيات وحتّى الأشكال الخزفية، في هذه المرحلة، لا يعني هجرة الشعوب، بل فقط نزوح الاختصاصيين.

لهذا نجد تقاربات في التقنية وفي الأدوات بين حرفيي بلاد ما بين النهرين والحوض الهندي.

لنعد إلى الأرقام التي وضعناها أعلاه. لقد وُجدت الصناعة المعدنية ودولاب الخزّاف في بلاد ما بين النهرين، إبّان عهد أوروك، كذا قرناً قبل 3000 ق. م، ووصلا إلى الحوض الهندي خلال مرحلة أرمي Armi كذا قرناً قبل 2500 ق. م. في حالة الخزف، «هناك القليل من الشواهد على تطوّرات تقنية متباعدة في كلا المنطقتين. لكن وضع قبضة للفؤوس بواسطة ثقب يُجعل في كعبها هو أكثر من طريقة محلّية؛ وكونه اعتمد عالمياً يدلّ على تفوّقه». من حيث إنّ هذه الطريقة لم تصل الهند إلاّ في فترة متأخّرة في الألف الثالث ق. م، بينما كانت الصناعة المعدنية معروفة قبل ذلك وعلى نطاق واسع، فإنّ هذه التقنية لا يمكن أن تكون انتشرت مع التقنيات المعدنية البحتة. لقد استنتج تشايلد أنّ وضع قبضة للفأس «يُفترض أن يكون نتيجة انتشار ثانوي نحو الشرق». لم تكن سومر المنشأ الأصلي للصناعة المعدنية بل فقط مركزاً ثانوياً اخترع فيه هذا النوع من الفؤوس.

بين «طرفي الهلال الخصيب» بلدان ومناطق في موقع جعلها تستفيد من كلّ التطوّرات التقنية التي حقّقها المصريون وسكان ما بين النهرين: هكذا كان أوّلاً وضع فلسطين وسوريا. ثمّ سرعان ما وصلت حضارتا أوغاريت وبيبلوس إلى مستوى عال، فقد عرفت بيبلوس دولاب الخزّاف في عصر السلالة المصرية الأولى وكانت بيبلوس IV محاطة بسور سميك جدّاً، مصنوع من كتل حجرية رملية مقصّبة ومربّعة. في بيبلوس V ظهر الهيكل الأوّل، وهيكل ثان في بيبلوس VI، تقريباً في نفس عهد السلالة المصرية الثانية. ثمّ تركّزت

الصناعات المعدنية في تلك المناطق، مع مجوهرات فضّية وأسلحة برونزية. في فلسطين كانت أريحة العهد النيوليتي مكان إقامة ثابتاً وكانت تُمارس فيها تربية المواشي.

كان القرويون يبنون بيوتاً صلصالية الجدران؛ مورقة من الداخل بالكلس وأحياناً مدهونة، وكانت ألواح خشبية تدعم السقوف. كأدوات للنجارة كانت تُستعمل القطع الحجرية الدقيقة، المصقولة، بالإضافة إلى الحصى الصوانية المنحوتة. يبدو أنّ الخزف لم يكن معروفاً، لكن كانت تنحت قصعات من حجر الكلسيت، وأجران من كتل حجر البزلت أو الحجر الكلسي.

في العصر البرونزي جاءت زراعة الأشجار المثمرة، الكرمة واللوز بالإضافة إلى زراعة القمح، الشعير، الذرة البيضاء والعدس. وفي نفس العصر بدأت الإقامات تنزع إلى أن تصبح مدناً صغيرة مسوّرة: كانت مساحة أريحة VII تبلغ من 280 إلى 320 آر، تحيط بها أسوار من الآجر الخام فوق أسس حجرية. أمّا آي وقلعة مجيدو فكانتا تتمتّعان بحصون حجرية، تبلغ سماكتها 6,50 و 4,50 م.

عرف المعدن في كلّ مكان لكنّه بقي نادراً، قدّر تشايلد أنّه ربّما كان عمل حدّادين متجوّلين أكثر منه عمل محترفين ثابتين. إذا كان جهاز الأدوات الحجري معتمداً آنذاك على نطاق واسع، فقد عُرفت بالمقابل بليطات من النحاس. ومن هذا المعدن كانت تصنع الأسلحة الحربية، الخناجر، رؤوس السهام أو الحراب. كان الخزف ما يزال يصنع باليد وبدرجة كبيرة في العصر البرونزي القديم، لكنّ الدولاب لم يكن خفيّاً عن بعض التجمّعات.

أخيراً، من الممكن أن تكون حضارة معيّنة، مستقلّة ومتقدّمة آنذاك تطعّمت ببعض عناصر جاءت نحوها من مصر السلالات الأولى.

كي نجد المرحلة التالية يجب المضي في القرون، ففي الواقع عند النصف الأوّل من الألف الثاني ق. م تفتّحت حضارتان عرفتا تقنيات متطوّرة آنذاك، وقد جاءت الأولى قبل الثانية ببعض الوقت: الحثّية، وحضارة مينويّي جزيرة كريت والميسينيين، الأوائل في بلاد الأناضول والآخرون في العالم الإغريقي. قد يكون الأمر عبارة عن غزوات، لكن عبر انتشار بطيء وليس صدمة فجائية، من قبل شعوب تمتّعت بتاريخ تقني وجاءت تستقرّ في مناطق معيّنة عرفت بدرجة معيّنة «الثورة النيوليتية». خليط من الحضارات إذن، سوف تجد نفسها من جهة أخرى، على احتكاك، عبر مصر، عبر فلسطين وسوريا، مع تقنيات متطوّرة.

وصل الحثّيون إلى بلاد الأناضول حوالي الألف الثاني ق. م، أوّل هنود ـ أوروبيين تاريخيين. وامتدّت امبراطوريتهم بسرعة، نشير إلى أخذ حلب وبابل عند نهاية القرن التاسع عشر ق. م. واجتياح الهكسوس لمصر، خلال القرن الثامن عشر ق. م، وفي القرن التاسع ق. م اختفت الامبراطورية الحثّية. عندما وصل الحثّيون، وجدوا شعوباً سامية ذات حضارة

منطوّرة آنذاك، كما تشهد الألواح الكبّادوقية وخاصّة ألواح كولتبه Kultépé، التي تروي التبادلات التجارية المزدهرة. من المؤكّد أنّ الحثّيين أخذوا الكثير عن هذه الشعوب التي سبقتهم، بعد أن كيّفوه حسب تقاليدهم الخاصّة.

ولقد نُسب إلى الحثّيين تجديدان أساسيان: نحن نعرف أنّ المعادن كانت أكبر ثروات آسيا الصغرى، الجديد إذن كان الحديد، وقد عرفته الامبراطورية الحثّية الكبيرة بين القرنين العشرين والثامن عشر ق. م، وشاع استعماله نحو العام 1100 ق. م. بالطبع وجدنا حديداً في الحضارات السالفة ولكنّه كان عبارة عن قطع نادرة، فريدة معظم الأحيان، ومستوردة دون شك، كما رأينا بالنسبة لمصر القديمة. في بيبلوس وجدت تعويذة من الحديد تعود إلى القرن العشرين ق. م، وقد اكتشف في قبر كنوسّوس سبيكة صغيرة من الحديد تعود إلى نهاية القرن التاسع عشر ق. م. الحثّيون هم من نقل الحديد، إلى مصر وإلى ما بين النهرين، بكمّيات كبيرة.

المساهمة الثانية كانت الجواد. من الصعب عادة تحديد تاريخ ظهور الجواد في الحضارات القديمة، ومن المؤكّد أنّ تدجين الحمار جاء قبله بكثير. وتبدو لنا العربة ذات العجلات الأربع التي نراها على اسطوانة كبّادوقيّة، مجرورة بواسطة حمير (شكل 40). عند السومريين كان يُشار إلى الحمار بواسطة رمز وعندما ظهر الحصان كان يُشار إليه بواسطة تورية فيُقال حمار الجبل، كما كان الجمل يُدعى حمار الجنوب. إنّ مقابر أور الملكية التي تعود إلى ما قبل 3000 ق. م بقليل، لم تكن تعرف سوى الحمار، ولم تتكلّم النصوص بشكل أكيد عن الجواد في بلاد ما بين النهرين سوى انطلاقاً من العام 2000 ق. م. بين الحمار والحصان يبدو أنّه استعمل حيوان يُدعى فرأ التبت ودون شك أيضاً الحمار الأحقب الذي كانت إيران أرضه المفضّلة. في ذلك الحين كان يُعتمد تدجين الجواد في عيلام Elam وفي كبّادوقية، بينما كان اجتياح الهكسوس الذي نجح دون شك بفضل عرباتهم التي تجرّها خيول، عبارة عن أوّل انتشار واسع لهذا الحيوان. وتبقى خيول كبّادوقية ذائعة الصيت في العهد القديم. هناك شخص يُدعى كيكولي Kikkuli، وكان مروّضاً كبيراً في بلاط بوغاز ـ كوي، بلاد الحثّيين القديمة، كتب في القرن الرابع عشر ق. م مقالة عن ترويض الجياد: لقد وصف هذه العملية، التي طالت حوالي ستة أشهر، تقريباً يوماً بيوم وبدقّة متناهية.

بالنسبة للتقنيات الحثّية الأخرى فلسنا نقف على قدر وافٍ من المعلومات، لكن يُفترض بها أن تكون، إن أردنا أن نحكم من خلال العلاقات التي أقامها الحثّيون مع بلاد ما بين النهرين ومصر، على نفس مستوى تقنيات هاتين المنطقتين. وأحياناً نستشفّ بعض الملامح النادرة الدقيقة عبر الصور التي اكتشفت والتي تمثّل غالباً مراسيم دينية: الأقواس



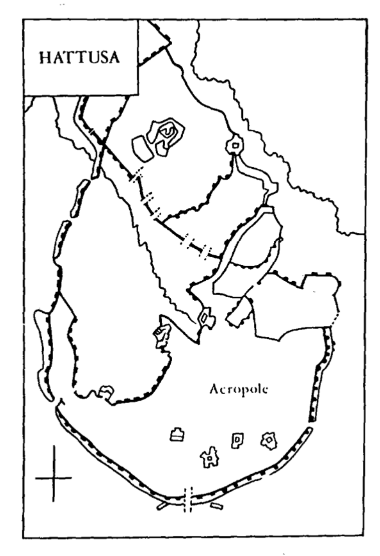
شكل 40. ـــ اسطوانة كبادوقية من مجموعة كليرك Clercq

والحراب كانت مواد الصيد والحرب، بسرعة أصبحت العربة التي يجرّها جوادان آلة الغزوات الأساسية (لقد استفادت مصر من غزوة الهكسوس لها)، ومن عهد نهاية الامبراطورية الحديثة، في زنجرلي، اكتشفت خوذات مع زينتها ولفافات ساق كالتي تتضمّنها مجموعة أسلحة جندي يوناني قديم.

عن فنون البناء والتنظيم لم يصلنا تقريباً أيّ شيء. نعرف أنّ تصميم المدن كان شبيهاً تماماً بما كان في بلاد ما بين النهرين وفي سوريا العليا. في بوغاز ـ كوي كانت الحصون من تراب مع واجهة حجرية، وفي أماكن أخرى نراها مع واجهتين إثنتين يُملأ ما بينهما (شكل 41). كانت الأبراج الخارجية تُستخدَم دون شك لدعم السور أكثر منه لتسهيل الدفاع. الأبواب تختلف بعض الشيء عمّا رأيناه على ضفاف دجلة والفرات (شكل 42)، أمّا الهياكل فربّما كانت تزيّنها أعمدة من الخشب موضوعة فوق قواعد حجرية.

سوف نلتقي بنفس الأفعال في العالم الإغريقي، في يونان القارّة، كما في الجزر وكما في كريت؛ وذلك حتّى نهاية العهد الميسيني. تبدو اليوم تنقّلات الشعوب في تلك العصور معروفة أكثر: الآسيويون في البدء، ثمّ الهنود ـ الأوروبيون.

لا شك في أنّ النشاط الذي يعطي فكرة عن التقنيات الأكثر ثباتاً هو الزراعة، في عالم بقيت فيه هي النشاط الأساسي، رغم النمو الظاهر للتجارة. والأصناف التي كانت تُزرع



شكل 41. ــ تصميم بوغاز ــ كوي.

(عن ج. غارستانغ J. Garstang «The Hittite Empire»، لندن، 1929.)

كانت نفسها التي وجدناها عند نهاية العهد النيوليتي: الزروع والسنفيات، وبعد ذلك انتشرت زراعة الزيتون، الكرمة، التين، الإجاص، والتفاّح، والظاهر أنّ الخروب جاء من بلاد المشرق. أمّا النبيذ فيبدو أنّه أدخل خلال العهد المينوي الأوسط في كريت، أي عند بداية الألف الثاني ق. م. وكان يُشرب الحليب، الجعة والنباتات العطرية، والمادّة الدسمة كانت الزيت. أيضاً أخذت تربية الماشية قدرها من الأهمّية: الثيران ذات القرون الطويلة أو القصيرة، الخراف، الماعز والخنازير، الكلب أيضاً ولكن متأخّراً دون شك.

الآن تبدو مسألة الجواد أنّها وجدت حلّها، ظهرت العربة العجّالة عند بداية الألف الثاني ق. م، وأدخل الجواد مع العربة نحو 1300/1400 ق. م، بواسطة الآشيين. كلّ هذه التجديدات جاءت من بلاد الأناضول القريبة (شكل 43).

عُرف الذهب والنحاس منذ عهد ديميني، وظهر البرونز عند نهاية الألف الثالث وبداية الألف الثاني ق. م. فاليونان تتمتّع في الواقع بإحدى أندر طبقات القصدير الطبيعية في كلّ منطقة الشرق الأدنى، قرب كيّرا Kirrha، بين دلفس وكورنثيا، من جهة أخرى، تُعتبر اليونان وجزرها غنية بالموارد المنجمية: النحاس في أوبيه، الرصاص والفضّة في لوريون، موارد الذهب، الفضّة، النحاس والرصاص في جزر السيكلاد Cyclades. في النصف الثاني من الألف الثالث ق. م، جاءت شعوب من آسيا الصغرى وحملت تقنيات معدنية إلى السيكلاد ثمّ إلى اليونان، ويبدو أنّها أقامت مباسط قرب الطبقات المنجمية، ثمّ نما نوع من الاستعمار وصل حتّى كريت في العهد المينوي القديم I. وقد يكون الحديد عُرف وشُغل انطلاقاً من العام 1200 ق. م، وانطلاقاً من منتصف الألف الثاني ق. م عرفت الصناعة المعدنية تطوّراً أكيداً، إن بالنسبة للأغراض اليومية أو للأدوات والأسلحة، وقد يكون السيف البرونزي الطويل تجديداً ميسينياً.

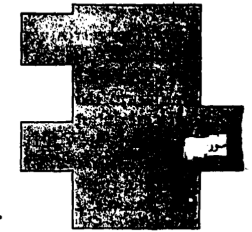
لا نعرف جيّداً تقنيات القطاع الثانوي وغالباً ما لا تسمح لنا الأغراض التي وصلتنا باستبيان طرق صناعتها. لقد تسبّب تطوّر الصناعة الخزفية بتراجع الآنية الحجرية، فقد ظهر دُولاب الخزّاف عند نهاية الربع الأوّل من الألف الثاني ق. م، آتياً إمّا من الأناضول، إمّا من كريت، بعد ذلك شاع استعمال الدولاب سريع الدوران.

لقد اكتشفت بقايا بعض الأسلحة وقد لاحظنا ميلاً أكيداً إلى تخفيف تدريجي لوزن العتاد الهجومي والدفاعي. في القرن السادس عشر ق. م كانت الدروع تصنع من الكتّان، وأحياناً تقوّى بقشور معدنية، وكان درع دندره المعدني، في أرغوليس، من أوائل الدروع من هذا النوع. عند نهاية القرن الثالث عشر ق. م، ظهرت بذلات أخفّ، من الكتّان أو من الجلد، مع قشور معدنية. كما خفّ وزن التروس التي أصبحت دائرية. وأكمل العتاد العسكري برماح برونزية الرؤوس، وبسيوف، وخناجر، ومقاليع وأقواس.

كشفت التنقيبات عن طرق وأنظمة بناء وتنظيم المدن، لا شك في أنّه من الأناضول أتت تقنية جدران الآجر الخام مرفوعة فوق أسّ حجري على شكل حسك الأسماك، ونرى أبنية من هذا الشكل في أوتريزيس وفي بيوتيا، كما في هاغيوس كوسماس، في أتّيكا، أو في ليرنا، في البيلوبونيز، والظاهر أنّ هذه الطريقة بقيت معتمدة طويلاً. بعد ذلك، عند بداية الألف الثاني ق. م، ظهرت البيوت الأصغر حجماً والبيوت ذات المحراب، لا شك أنّها أتت أيضاً من آسيا الصغرى ـ ونصادفها في طروادة ـ ثمّ طالت جزر السيكلاد واليونان.

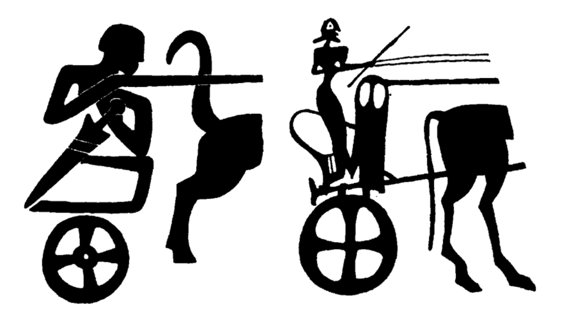
أمّا التجديد الأهم فكان في مجال بناء القصور، في العصر البرونزي الأوسط في كريت، وقد ارتبط بالطبع بتجديد سياسي هو ظهور الأنظمة الملكية الأولى. ليس لدينا





شكل 42. ــ باب من زنجرلي.

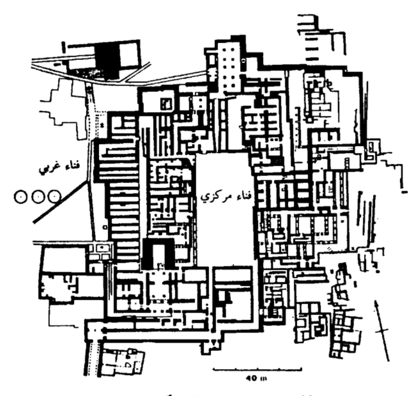
(عن ج. غارستنغ، The Hittite Empire، لندن، 1929.)



شكل 43. ــ عربتان ميسونية وهندسية.

(عن غارلان Garlan، «la Guerre dans l'Antiquité»، باريس، 1972)

الكثير من المعلومات حول القصور الأولى، قصور كنوسّوس، ماليا، فايستوس وذلك لكثرة الترميمات التي حصلت على مرّ التاريخ. لقد كانت القصور تقام على منحدرات التلال بعد إعداد الأرض بشكل مدهش لجعلها هضاباً متدرّجة، كما كان القصر يُبنى حول فناء مركزي واسع. كانت الطبقة الأرضية تتضمّن المحارف والمخازن، بينما نجد غرف السكن في الطابق الأوّل. في كنوسّوس، منذ ذلك العصر، كان يوجد قناه مائية تسحب المياه من بعد خمسة عشر كلم. ويُعتبر النصف الأوّل من الألف الثاني ق. م العصر الذهبي لبناء القصور. إنّ قصر كنوسّوس يشكّل مستطيلاً من 150 × 100 م، وهو مبني أيضاً حول فناء مركزي واسع، مع عدد من الأروقة (شكل 44).



شكل 44. ــ تصميم قصر كنوسوس.

(عن أ. إيفانس A. Evans, «The Palace of Minos II»، لندن، 1921-1935.)

كذلك لا نعرف المدن جيّداً، وقد بنيت من موادّ هشّة فاختفت كلّياً تقريباً. وتُظهر تنقيبات غورنيا Gournia غياباً في التصميم المنتظم، فنرى شوارع متعرّجة، متمركزة حول القصر الذي كان عنصر الانتظام الهندسي الوحيد (شكل 45)، وغورنيا كانت مدينة حرفيين وخزّافين. المدن المينوية في كريت كانت مفتوحة، مفتوحة تماماً، فقد كانت تعتمد على جزريتها وعلى أسطول قادر على حماية الأرض من الغزوات المدمّرة. كانت طروادة محصّنة ولكن يبدو أنّها أصيبت من جراء الحروب على قدر ما أصيبت من جراء الزلازل.

التجديد الوحيد الملحوظ كان القبر ذا القبّة الذي نراه في كريت انطلاقاً من السنوات 1550/1600 ق. م، والذي شاع بسرعة، ويبدو أنّه كان مجال استعمال القبّة الوحيد (شكل 46).

دون تغيير تقنيات البناء البحتة حمل الميسينيون بعض التجديدات ونشروا القبر ذا القبّة على نطاق واسع. في ذلك العصر امتلأت اليونان بالأحواض الأثرية وبالساحات العامّة (الأغورا) ذات الأروقة. أكثر من هذا، أصبحت القصور تقام في المناطق العالية وتشكّل مع ما يسمّى بالأكروبول آخر عنصر من نظام دفاعي متطوّر جدّاً، بينما أصبحت الأسوار هائلة مع فتحات قليلة، وكانت تُشرفَ على المدينة القلعة ـ الإقامة الملكية. البيت أصبح يتألّف من طابق أو اثنين، مبنياً دائماً فوق أسس حجرية، مع جدران أدخلت فيها شرائح خشبية قال البعض أنّها كانت تعطي للجدار بعض المرونة التي يحتاجها في مناطق تتعرّض دوماً لهزّات أرضية قوية. القرميد كان ممتازاً، والتزوّد بالماء كان يتمّ بواسطة آبار أو أحواض، وكان يزيّن الجدران رسومات وجدرانيات.

نفتقر إلى الكثير من العناصر للحكم على هذه الحضارة التقنية في العالم الإغريقي خلال العصر البرونزي، فهنا نحن بعيدون، بعيدون جدّاً عن غنى المادّة المصوّرة التي تركها مصريّو العصر نفسه، وعن غنى النصوص التي خلّفتها بلاد ما بين النهرين. وإذا أردنا أن نأخذ مثلاً واحداً نذكر آلة الحراثة التي لا نعرف عنها شيئاً في كريت أو في الامبراطورية الميسينية، كما أنّنا نجهل طرق الصناعة المعدنية. ولا يبقى لنا سوى يقين واحد؛ في معظم الحالات، كان التطوّر التقني يأتي من الخارج، لا سيّما من آسيا الصغرى: صناعة معدنية متقدّمة، حديد، طرق بناء، الجواد والعربة الحربية، كلّها استوردت من بلاد الأناضول، بالإضافة دون شك إلى أشياء أخرى نجهلها. هنا نحن بصدد انتشار فعلي لحضارة تقنية متقدّمة. وحتّى عندما شرع الميسينيون بتقنية التحصين، من المحتمل أن يكونوا قد أخذوها عن آسيا الصغرى. من الصعب ضمن هذه الشروط أن نتبيّن التحديدات الخاصّة بهذه الشعوب الإغريقية البدائية: قد تكمن دون شك في بعض أشكال الفنون، أكثر منه في تقنيات صناعية.

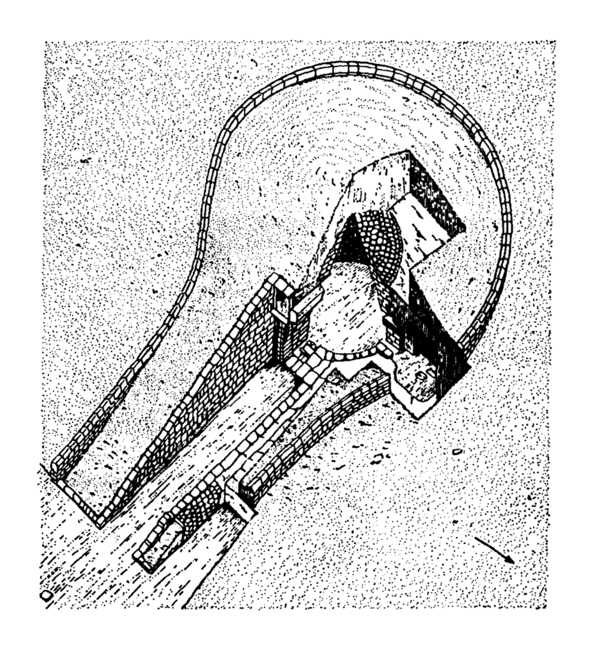
المناطق البعيدة

ليس من السهل حل مسألة المناطق البعيدة؛ يوجد بين ما قبل التاريخ والفترة التاريخية فجوة لا يمكن إغفالها، فلسنا نحيط بالمادة الوثائقية غالباً وهناك بعض نقاط غير مذكورة، حتّى في الكتب الحديثة: نمو النشاط الزراعي، ظهور دولاب الخزّاف، تدجين الحيوانات. من جهة أخرى، من المستحيل القيام بمقارنة ما وذلك لافتقاد التأريخات الدقيقة، ولو النموذجية منها.



شكل45. — تصميم غورنيا.

عن بويد - هارفز «Gournia», Boyd-Harves، لندن، 1951).



شكل 46. ــ «كنز أو دفينة أتريوس».
(عن هود Hood، تناولها راشيه Rachet، «آثار اليونان في ما قبل التاريخ»، ڤيرڤييه، 1969.)

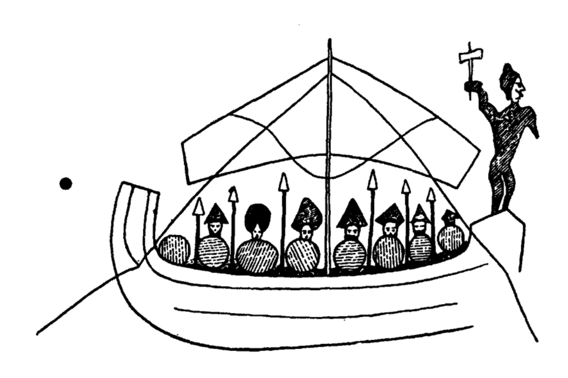
يجب أخذ الحيطة منذ البدء، إنّ تعاقب التطوّرات في العالم الماديّ يبدو قاعدة عامّة: هكذا مثلاً العبور من العصر النيوليتي إلى الشالكوليتي ـ غير الموجود في كلّ مكان ـ فالبرونز، فالحديد. أمّا السرعة التي جرى فيها المرور بين مختلف هذه المراحل فهي متغيّرة جدّاً، وكلّ منطقة تتمتّع بإيقاعها التطوّري؛ في ظلّ غياب الموارد الطبيعية وقبل أن تأتي تجارة مزدهرة نقلت إلى المناطق البعيدة منتوجات حضارات أخرى متطوّرة تقنياً، نلحظ وجود استعارات لها مدلولها تُظهر أنّ البرونز قد عُرف في مناطقها، ونرى هذا من خلال تقليد حجري مطابق للأدوات البرونزية. وفي قطاعات أخرى نرى التطوّرات التقنية في اتّجاه معاكس، فبينما عرف الشرق الأدنى الزراعة قبل الصناعة الخزفية فإنّ كلّ أوراسيا (أوروبا ـ آسيا) الشمالية عرفت الخزف قبل الزراعة، قبل بكثير. هنا نحن في مناطق غنية بالغابات وبالمياه، وحيث مورس صيد الحيوان والسمك طويلاً قبل البدء باعتماد زراعة الأرض. إذن ليس من السهل أن نضع جدولاً شاملاً للتطوّر التقني ولاكتساب التقنيات الجديدة، فقط نشير إلى أنّ تنقّلات الشعوب كانت الركن الأساسي لانتقال التقنيات.

لقد استفاد البلقان، أو بالأحرى كل الجنوب الشرقي الأوروبي، وعلى الفور، من التطوّرات التقنية في الجهة الشرقية لحوض البحر المتوسّط، كما قيل أنّ تأخّر الجنوب الشرقي الأوروبي عن الجنوب الغربي الآسيوي كان ضئيلاً جدّاً، وقد يكون من الأسباب غياب بعض الموارد الطبيعية، وخاصّة أنواع حيوانية يمكن تدجينها. كما نيونيكوميديا نجد مواقع مشابهة في بلغاريا ويوغوسلافيا، في الحضارة المسمّاة ستارشيفو Starčevo وكانت تمتدّ، مع تغيّرات حسب المناطق، من يوغوسلافيا حتّى أوكرانيا. تجلّت التنوّعات خلال الألف الرابع ق. م، وفي الألف الثالث ق. م نرى مجيء البرونز وولادة عصر النحاس في هنغاريا (المجر).

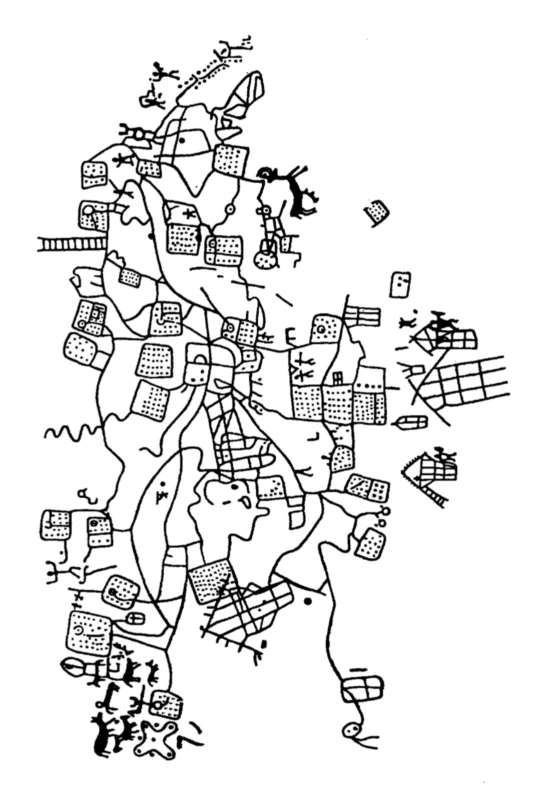
في النصف الثاني من الألف الخامس ق. م، كانت قد امتدت حضارة متجانسة من حوض الرين Rhin حتّى أوكرانيا الغربية، واستُثمِرت فقط الأراضي الغنية جدّاً، الغرين الشهير. لكن هذه الزراعة كانت في حالة البداوة أو نصف البداوة والاستصلاح كان يتمّ عبر اقتلاع الأعشاب المضرّة، الزراعات الأساسية كانت الزروع، القمح والشعير، وقد جاءت قبل تربية الماشية التي تناولت كلّ الأصناف التي عرفها العهد النيوليتي، الثور، الخروف، العنزة، الخنزير. ولا يبدو أنّ صيد الحيوانات والأسماك والطيور كان رائجاً، أمّا من ناحية الأدوات فبالإضافة إلى البليطات المصنوعة من الصخر القاسي، جاءت المناجل، المكاشط والسهام. كانت القرى قليلة السكّان والبيوت مستطيلة مع جدران من الألواح الخشبية وسطوح مزدوجة الانحدار.

برزت التنوّعات في الألف الثالث ق. م، أخذت تربية الماشية أهمّيتها، ارتفعت مناطق السكن وتكاثرت الأسلحة.

أمّا دراسة مركز حوض البحر المتوسّط وغربه فليست سهلة أبداً. رغم أنّ الملاحة لم تكن بعد ناشطة قبل الألف الثالث ق. م فإنّ التبادلات كانت كثيرة (شكل 47). وبالنسبة لظهور الحضارة المونسرّاتية على طول السواحل الإسبانية، الفرنسية والإيطالية الشمالية فالأمر يعود إلى ظاهرة تأقلم ثقافي واجتماعي وليس استيرادات خارجية، وكان ذلك خلال الألف السادس ق. م. يُقال أنّ تربية الماشية هناك كانت أهمّ من الزراعة كما كان يُمارس جيّداً صيد الحيوانات والأسماك. أمّا الحضارات الشالكوليتية في سردينيا، صقليّة، مالطا ثمّ اسبانيا وفرنسا فقد تطوّرت خلال الألف الثالث ق. م، حتماً بفضل انطلاق الملاحة البحرية، وهنا لا يمكن إنكار تأثير الشرق الأدنى. المعدن بقي قليل التوفّر حتّى نهاية الألف الثالث ق.م.



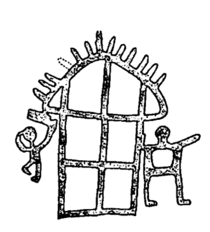
شكل 47. ــ سفينة حربية.



شكل 48. ــ تصميم قرية ڤال كامونيكا Val Camonica

الآن تُعرف أفضل الناحية الشمالية من أفريقيا، لا مجال للنقاش في كون التطوّر التقني الذي طال السواحل والمناطق السودانية جاء من مصر أوّلاً. كانت السودان في النصف الثاني من الألف الرابع ق. م. تعيش على صيد الأسماك وتربية الماعز، ثمّ حان دور البقريات في الألف الثالث ق. م. وقد عرفت الزراعة في ما نسمّيه أفريقيا الشمالية، وذلك بفضل تدخّل الشعوب الشرقية. لكن هنا، جرت القفزة الحقيقية، كما في صقلّية، سردينيا، إسبانيا وخاصّة تونس، في قرطاجة، من قبل الإنشاءات الفينيقية، في القسم الأوّل من الألف الثاني ق. م، فقد انتقلت عبر السفن الشرقية كلّ حضارة أوغاريت وبيبلوس المتقدّمة.

لنتناول النصف الأوّل من الألف الثاني ق. م، حيث عُرفت في كلّ أوروبا والشواطىء الإفريقية للمتوسّط، الزراعة، تربية الماشية ودون شك البرونز في معظم المناطق، وكان الجزء الفينيقي متقدّماً بوضوح. بالنسبة لأوروبا يمكننا أن نستعمل الرسومات الصخرية المدهشة في ڤال كامونيكا Val Camonica شمالي إيطاليا، فتصميم بيدولينا Bedolina يصوّر لنا القرية، حيث نرى المنازل في الأسفل، وفي الأعلى فسيفساء الحقول حيث يشار إلى الزراعات بواسطة نقاط متقاربة، كما نرى نهراً يتلوّى على مدى القرية. وهناك خطوط أخرى تشير بدقّة إلى الجدران الفاصلة، السواقي والأقنية: زراعة منظّمة جدّاً آنذاك (شكل 48 و 49). لكن من الصعب معرفة نوع المحراث البسيط الذي اعتمد، لكن يبدو جيّداً أنّه كان محراثاً بأسنان، كما في كلّ الضفاف الشمالية لبحر المتوسّط، وتبدو إحدى القدمين موضوعة على كعب السكّة (شكل 50). ماذا بالنسبة للبهائم التي كانت تجرّ ذلك الجهاز؟ في ذلك العصر، في المستبعد أن تكون خيولاً. خيليّات؟ من المحتمل أن يكون لأحد الحيوانين زوج من القرون، لكن كلّ هذا ما هو إلاّ عبارة عن افتراضات، والأمر الأكيد هو أنّنا لم نلتقِ على هذه الرسومات الصخرية بأي صورة للحصان. كانت العربة التي سنراها تُجرّ بواسطة ثيران، وفي مكان آخر ربّما نميّز حماراً.

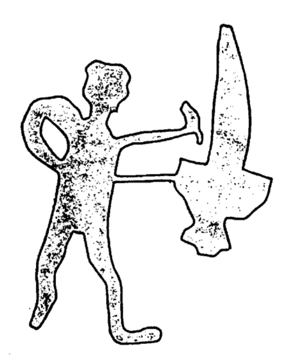


شكل 49.ـ بيت في ڤال كامونيكا.

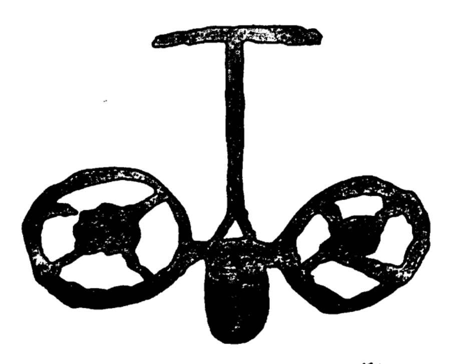
أمّا الخيول فقد ظهرت على رسوم أكثر حداثة. صورة الحدّاد (شكل 51) أيضاً غامضة، فقد تمّ وقتها حتماً شغل البرونز، وكذلك النحاس، لكن شغل الحديد يبدو مُستغرَباً آنذاك. اكتشفنا أخيراً صورتي عربات، الأولى ذات عجلتين (شكل 52) والثانية ذات أربع وتجرّها ثيران كما ذكرنا (شكل 53). بالنسبة للسلاح والصيد الرمح هو أكثر ما نصادف،



شكل 50. ـــ المحراث البسيط (ڤال كامونيكا)

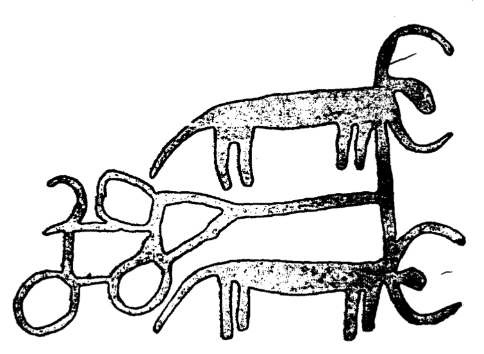


شكل 51. ــ الحذاد (ڤال كامونيكا)



شكل 52. ــ العربة ذات العجلتين (ڤال كامونيكا)

ولا شكّ في أنّ الأيليات كانت حيوانات طاردها كثيراً الصيادون. رغم التأريخات المتردّدة أحياناً، فإنّ رسومات ڤال كامونيكا تقدّم حتماً لمؤرّخ الحياة المادّية مادّة وثائقية استثنائية، وإن لم تصل إلى درجة إتقان الرسومات الفرعونية.

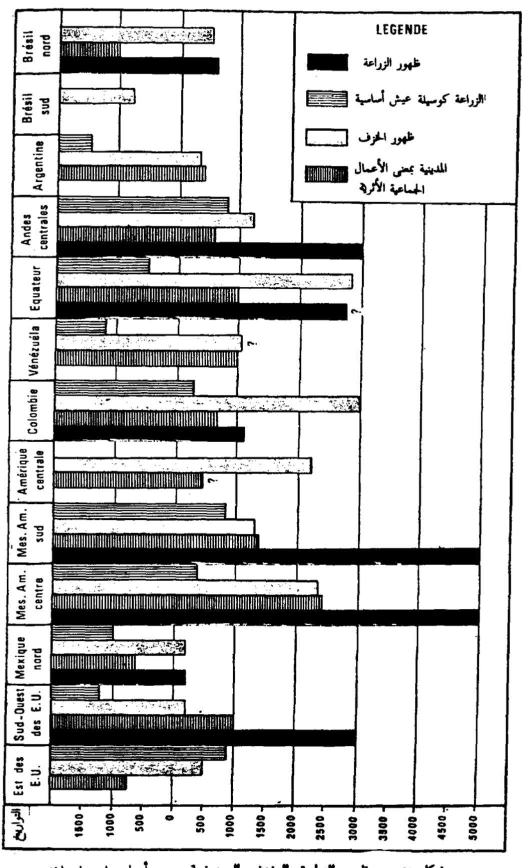


شكل 53. ـــ العربة ذات العجلات الأربع (ڤال كامونيكا).

سوف نرى اختلافاً أساسياً بين منطقتين بعيدتين جدّاً عن الحضارات المتطوّرة التي استعرضناها، وبعيدتين أيضاً الواحدة عن الأخرى. كانتْ الصين تتمتّع بإمكانيات طبيعية شبيهة بما كان في بلاد ما بين النهرين ووادي النيل وكذلك الوادي الهندي، ويرى البعض أنّ العهد النيوليتي شمالي الصين تمّ بشكل معيّن وامتلك وسائله كما يجب، لكنّ التأريخات ليست أكيدة: الألف الثالث ق. م (؟). على كلّ حال نرى ما ميّز تلك الفترة: نباتات مزروعة وحيوانات مدجّنة بلدية تماماً: الذرة البيضاء، ثمّ الرز بعدها بقليل، الكلب، الثور، الخنزير، الخروف، الطيور الداجنة، دودة الحرير. ثمّ ظهر الخزف على الدولاب خلال الألف الثاني ق. م.

وقد تسبّب النزوح نحو جنوبي الصين ببعض التغييرات، مثلاً تفوّق الرز على الذرة البيضاء، بعد هذا جاء البرونز.

تمثّل أميركا الوسطى مركزاً مستقلاً آخر لتطوّر تقني مهم، فعند نهاية الألفين السابع والسادس ق. م كان سكّان وادي تهواكان Tehuacan يجمعون النباتات البرّية، لكن ظهرت أولى النباتات المزروعة: القرع، الفليفلة. ثمّ تنوّع جهاز الأدوات ولدينا آثار شباك، أقمشة



شكل 54. ـ ظهور الزراعة الخزف والمدينية. (عن أ. لوروا ـ غوران)

وسلال. ثمّ زادت نسبة النباتات الزراعية في الغذاء حتّى منتصف الألف الرابع ق. م: ذرة، نوع من الفاصولياء، اليقطينة، مستعملة كوعاء. ولم تصبح الزراعة المورد الأساسي إلاّ عند بداية الألف الثاني ق. م، ووجب الانتظار خمسة آلاف سنة للانتقال من زراعة جنينية إلى زراعة متفوّقة. لقد فسّر علماء النبات الأمر بأنّ الرز البدائي لم يكن مغلاً بما يكفي: إلاّ أنّ تحوّل جينة نوع من الذرة (نحو العام 2000 ق. م) وتهجين الذرة التي نعرفها مع نوع آخر من النبات غيّر ذلك النزعة. هنا نرى إذن عملية تطوّر بطيئة للغاية لن تصل، كما سنرى، إلى نموّها الكامل، بالرغم من حضارة حرفية لامعة (شكل 54).

لا شك في أنّ أسس التقنيات المتطوّرة، أي أسلاف تقنيّاتنا الحديثة، ولدت في تلك المناطق المميّزة في الشرق الأدنى. وهناك حدثت بعض التجديدات أو الابتكارات الأساسية، الزراعة، الصناعة المعدنية، عربات النقل والكتابة والتي انفتحت، في النصف الأوّل من الألف الأوّل ق. م، على الحضارات القديمة الكبيرة. أمّا التحوّلات فتبقى صعبة التفسير وكذلك طرق الانتقال إلى الحضارات الأقلّ تطوّراً، التقدّمات والتأخّرات ما تزال غامضة. ينبغي أيضاً - ربط هذه التطوّرات الأساسية بالتغيرات الاجتماعية، وبالتقدّم الاقتصادي الذي يتعلّق بدوره جزئياً بالمبادلات. لقد تعوّد الحثّيون، المصريون، سكّان ما بين النهرين، الفينيقيون والسوريون أن يبقوا على اتصال دائم فيما بينهم، أي أن يقابلوا بين تقنياتهم ووسائلهم، ومنتوجاتهم. وندرك أنّ الحضارات المغلقة هي أقلّ تجديداً من الحضارات المفتوحة.

برتران جيل

بيبليوغرافيا

لقد عدنا إلى كلّ أعمال لوروا ـ غوران التي ذكرناها.

ومن أجل رؤية عامّة للفترات القديمة:

ف. ج. نشايلد، L'Orient préhistorique، باريس، 1953.

حول مسألة المدينية:

ج. هويو .J. Huot، «Des villes existent-elles en Orient dès L'époque néolithique ?» ضمن «Annales E.S.C»، XXV، 1970، ص. 1091-1101.

بالنسبة لمصر:

أ. شوازي A. Choisy، «L'Art de bâtir chez les Egyptiens» ، باريس، 1903.

ف. دوما F. Daumas، «La Civilisation de l'Egypte pharaonique»، باريس، 1967.

ف. دوما، La Vie dans L'Egypte ancienne ، باريس، 1974.

ف. هارتمان F. Hartmann، «L'Agriculture dans l'ancienne Egypte»، باريس، 1923.

أ. لوكاس A. Lucas، «Ancient Egyptian Materials and Industries» ، لندن، 1948.

ف. بيتري Fl. Pétrie، «Arts et métiers de l'ancienne Egypte»، بروكسل، 1915.

بالنسبة لبلاد ما بين النهرين:

ج. كونتونو، Manuel d'archéologie orientale، أربعة مجلّدات، باريس 1927 ـ 1947.

ج. كونتونو، La Civilisation d'Assur et de Babylone، باريس، 1951.

أ. بيرّو A. Perrot، «Ziggurats et tour de Babel»، باريس، 1949.

بالنسبة لفينيقيا:

ج. كونتونو، La Civilisation phénicienne، باريس 1937.

بالنسبة للحثيّين:

ج. كونتونو، la Civilisation des Hittites et des Mitanniens، باريس، 1934.

ج. غارستانغ، The Hittite Empire، لندن، 1929.

د. ر. غورني D.R. Gurney, «The Hittites»، لندن، 1952.

بالنسبة لليونان:

ج. راشيه، «Archéologie de la Grèce préhistorique»، ڤيرڤييه، 1969.

بالنسبة للبلاد البعيدة:

أ. أناتي E. Anati, «La Civilisation de Val Camonica»، باريس، 1960.

هـ. اوبير H. Hubert, «Les Celtes et la civilisation celtique» ، باريس، 1974.

حول بعض التقنيات:

إ. غارلان Y. Garlan, «La Guerre dans L'Antiquité»، باريس، 1972.

ج. أرمان J. Armand, «La Guerre antique de Sumer à Rome»، باريس، 1973.

ج. روج J. Rouge, «La Marine dans L'Antiquité»، باريس، 1975.

الفصل الثالث

النظام التقنـي لدى الإغريق

عرفت الحضارات الاغريقية البدائية، ومنذ عهد الكريتو ـ ميسينيين، تقنيات متطوّرة، كان بعضها نتيجة عبقريتهم الخاصّة والبعض الأخر استعاروه من جيرانهم المصريين أو سكّان ما بين النهرين. ويبدو فقط أنّه انطلاقاً من القرن السادس ق. م بدأت عمليّة نشوء بطيئة لنظام تقني حقيقي، يختلف عما سبقته، متقن أكثر.

ينبغي أن نشير باختصار إلى بعض الظروف التي تكوّن ضمنها نظام الإغريق التقني، فهي قد تتضمّن بعض عناصر إجابة عن أسئلة تطرح دائماً، وتُطرح بطريقة سيئة دون شك.

لا حاجة للتذكير بأنّه، على المستوى العام، يعتبر اليونان بلداً فقيراً، فالسهول قليلة نسبياً، ومستنقعية أغلب الأحيان، حتّى ولو كان منها ما هو جميل جدّاً. والجبال جافّة، قاحلة، صخرية. مجاري المياه هزيلة، غير منتظمة الاندفاق، والغابات فقيرة، صعبة الاستصلاح. الموارد المنجمية، باستثناء الرصاص الفضّي، منعدمة تقريباً. الثروات الكبيرة هي إذن الزراعات البعلية من جهة، والبحر من جهة أخرى، وبواسطة البحر قامت أهمّ الاتّصالات، الاتصالات التي سدّت جزءاً مهمّاً من الحاجات الغذائية، إمّا عبر منتوجات خاصّة، إمّا عبر تسهيل استيراد جميع أنواع البضائع. وهنا نفهم، ضمن هذه الشروط، إقامة مستعمرات في مناطق أغنى من جميع النواحي.

سياسياً، كانت تلك الأرض البخيلة متجزئة بين عدد كبير من المدن المتنافسة، وحالت الصراعات السياسية والحروب الداخلية دون انتشار تقني واسع، وكان الاقتصاد المجزّأ والماليات الضعيفة باستمرار تمنع حصول أيّ تطوّر، في حال كان ممكناً. إذن كان يجب انتظار مجيء المقدونين من أرياف أغنى لتشكيل أولى الامبراطوريات الكبيرة، وفي هذه اللحظة بالذات بدأ الاهتمام بتقنيات أكثر تطوّراً: ربّما جاء هذا الاهتمام متأخّراً.

ما تزال معلوماتنا بخصوص الاقتصاد الإغريقي ضئيلة ومشتّتة، لكن بأيّ حال كانت

الناحيتان اللتان ذكرناهما لتوّنا، التفتّت الاقتصادي وضرورة الاستيراد، عاملي إعاقة لا يسعنا الوقوف عندهما كثيراً. كذلك ليست معرفتنا بالديموغرافية الإغريقية أفضل وليس بإمكاننا القول ما إذا كان يكمن هنا عامل أساسي وضمن أيّ إطار لعب دوره.

لن نقف كثيراً، لأنّنا سنعود للموضوع عند نهاية الفصل، عند احتقار الإغريق الظاهر حيال العالم المادّي: ربّما بالغوا كثيراً بهذا الأمر.

القطاعات التقليدية وقطاعات التطوّر

أن يكون التطوّر التقني في الحضارة الإغريقية غير متساو فهذا أمر بديهي، حيث نجد المفارقات نفسها في حضارات أخرى. هناك حتماً تقنيّات بطيئة التطوّر، وهناك بالعكس تقنيات من السهل اكتشافها واتقانها. إنّ ما يجب استنتاجه قبل كلّ شيء، وقلّما أخذ فعلاً بهذا الأمر بعين الاعتبار، هو التطوّرات التي حدثت انطلاقاً من بداية القرن السادس ق. م، بسرعة متفاوتة وعلى عمق متفاوت، ولكن التي نصادفها في مختلف ميادين الحياة المادية. من جهة أخرى، كان تشكيل نظام تقني مترابط يتطلّب نوعاً من التوافقية بين التقنيات. سوف نعود إلى هذا الأمر، في الصفحات الأخيرة من الفصل، كي نأخذ خلاصة حول العوائق التي قد ترتفع أمام الفكر التقني.

لم تكن تربة بخيلة لتسمح بتطوّر ونمو التقنيات الزراعية، ربّما باستثناء بعض سهول على قدر أكبر من الخصوبة، كما في سهل ميزوجيه Mésogée، في أتّيكا، ذي التربة الصلصالية الحمراء الغنية، في أرياف تريّا Thria وإلوزيس Eleusis، في وادي السيفيسوس Céphise في بيوتيا، في تسّاليا حيث التربة السوداء الصلصالية ـ الكلسية، في الأرغوليس، في المانتيينيك Mantinique، في وادي باميسوس Pamisos وأخيراً في الأوروتاس Eurotas حيث التربة الغرينية الخصبة. لكنّ هذا لم يكن يكفي إلى جانب الجبال والمناطق الصخرية، فقد بقيت اليونان مضطرّة لاستيراد قسم كبير من حاجاتها الغذائية، من صقلّية، من مصر، من تراس Thrace أو من صفاف البحر الأسود. أمّا تحسينات الأراضي فكانت محدودة جدّاً، لم يكن يسمح نقص المياه بإقامة أنظمة ري كبيرة، وقلّما اعتمد تصريف المياه. الاستصلاحات كانت شبه مستحيلة بسبب فقدان المواد الأوّلية الضرورية، فالزبل كان نادراً حيث لم تكن تربية الماشية منتشرة وكان المناخ يلغي تقريباً أي فائدة من إقامة الزرائب.

لدينا بعض الأفكار التقريبية عمّا كان يُزرع هناك؛ القمح الإغريقي والصقلّي كان ينتمي إلى أصناف كثيرة أوسعها انتشاراً كان صنف خريفي، طويل السنبلة، لونه مائل إلى الحمرة (هذا ما ذكره بول كلوشيه Paul Cloché)، وكان يُزرع في أرياف ميتابونتوم

Métaponte، سيراكيوس Syracuse وسيجيستا Ségeste. وهناك نوع آخر نراه مصوّراً على أوبول أورخومينوس rchomenus، والأوبول هو وحدة نقد ووزن إغريقية، هذا النوع كان كبير السنبلة مقبّب الحبّة. في العصور القديمة، عرف الإغريق القمح المكسو الذي تراجع كثيراً في العصر الكلاسيكي أمام الحنطة.وأشهر صنف من هذا القمح كان العلس، ذو الحبّة الطويلة والمقرّنة، والذي يبقى مغلّفاً بعصافته عند الدراس. أمّا الشعير فيبدو أنّه كان أهمّ الزروع في العالم الإغريقي، لقد كان أوّل ما استعمل للغذاء البشري وبقي مهمّاً حتّى بعد انتشار الحنطة، وفي القرن الخامس ق. م كانت ما تزال تؤكل عصيدة الحليب مع طحين الشعير. في الواقع كان الشعير يقاوم جفاف الصيف بصورة أفضل من باقي الزروع، وأكثر أنواعه انتشاراً كان ذو الصفوف الستّة. أمّا الشوفان فلم ير فيه علماء النبات الإغريق أكثر من عشبة ضارّة، والسلت لم يكن معروفاً.

يبدو أنّ الطرق والوسائل الزراعية بقيت في وضع بدائي نوعاً ما. على مدار السنة، كان هناك عادة ثلاث حراثات، في الربيع، الصيف والخريف، ولم تكن الحراثة عميقة، إذ أنّ ضعف سماكة الأرض المزروعة، باستثناء بعض السهول الخصبة، جعلت هذا الأمر غير ممكن. إذا كانت الصور الكثيرة التي وصلت إلينا قد جعلت من مصر ميدان المحراث البسيط ذي القبضة ـ المزحف، فإنّ بعض الصور الإغريقية التي لدينا تظهر المحراث ذا الأسنان، المميّز جدّاً (شكل 1). من الممكن أن يكون المحراث البسيط البدائي مؤلّفاً من قطعة واحدة، كما يشير أحد نصوص هسيود، أمّا الصورة التي يقدّمها بول كلوشيه فتبدو خياليّة أكثر ومن الصعب أن تكون، كما يقول، مؤلّفة من قطعة واحدة. وهناك تمثال فخّاري صغير من تاناغرا Tanagra يعود إلى القرن السابع ق. م، وكأس من نيكوستينيس Nicosthénès من القرن السادس ق. م (متحف برلين)، وكأس من أتّيكا من القرن السادس ق. م (متحف اللوفر) تمثّل جميعاً صورة الجهاز نفسه، حتّى أنّ الصورة الأخيرة تمثّل كيفية وضع القدم على مؤخّر المحراث. ويذكر هسيود، الذي يشير أيضاً إلى هذا المحراث المركّب، المجرّ المصنوع من خشب الغار أو الدردار، المزحف من خشب السنديان، القبضة من خشب البلّوط أو السنديان الأخضر. لم يكن هناك سوى مقوم واحد، والسكّة بقيت طويلاً دون قطعة حديدية، بعد ذلك دعمت عند عصر معيّن بواسطة شفرات أو طوق من الحديد ثمّ أصبحت كلّيا من الحديد في القرن الرابع ق. م. إلى جانب المحراث البسيط كان الإغريق يستعملون الأدوات الزراعية التقليدية كالمعول، والمعزق لنزع الأعشاب الرديئة، والمذراة ذات الأسنان الثلاثة لقلب التربة. المحراث كانت تجرّه الثيران، والنير كان يُجعل على القرون، أو على الحارك (ما بين العنق والصهوة).



شكل ١. ــ المحراث الإغريقي ذو الأسنان.

كانت الزروع «تُنشر» بواسطة المناجل، وكانت تُحَرَك بعض الوقت بين الحصاد والضرب، على أن يتمّ تجديلها في باقات، بعد ذلك يخضع الحبّ للدراس تحت أقدام البهائم، ثمّ يذرى في الهواء بواسطة الرفوش، كي ينفصل عنه القش والعصافة. وكان الحب ينقل في جرار كما نرى إناء في متحف اللوفر.

كانت رراعة الزيتون غزيرة وناجحة، إذ كانت تربة اليونان تناسبه في كثير من المناطق، كما كانت هذه الزراعة محميّة ومدعومة من قبل السلطات السياسية، رغم دقّتها وكلفتها. وكان الزيت، المادّة الدسمة الوحيدة، يستعمل كثيراً وبأشكال متنوّعة. كانت حبّات الزيتون تقطف عن الشجرة نفسها، وتبعاً للغاية من استعمالها، قبل نضوجها، نصف ناضجة أو ناضجة كلّياً.

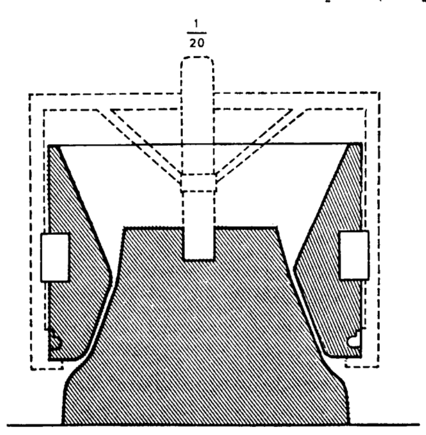
كذلك ارتبطت زراعة الكرمة بزراعة الزيتون، وقامت الكروم الجميلة في دياكريا Diacrie وكورنثيا، كما ذاع صيت مصانع النبيذ في جزر وعلى شواطىء بحر إيجه. وكان الإغريق يزرعون نوعين من الكرمة: الأوّل منخفض، والثاني مرتفع يلتف حول الأشجار ويمتّد من واحدة إلى أخرى ويُدعم بواسطة ألواح أو قضبان. وكان قطاف العنب والزيتون من أكثر الاهتمامات شعبية في ريف أتّيكا.

إذا كانت الزروع، الزيتون والكرمة أكثر الزراعات انتشاراً، فإنّها لم تكن الوحيدة، إذ كنّا نرى الأشجار المثمرة وبصورة خاصّة أشجار التين.

ثمّ جاء تطور آلية معيّنة، سندرسه تفصيلاً في الصفحات اللاحقة، وساعد في تحوّل كلّ هذا الإنتاج الزراعي. هناك باطية (آلة لمزج الخمر بالماء) من القرن السادس ق. م، محفوظة في لينينغراد، تصوّر عملية دقّ الحبّ في جرن مخروطي الشكل، ويقول هسيود أنّ هذا الجرن كان من الخشب، إلاّ أنّه اكتشفت أيضاً أجران من الحجر (البزلت أو الغرانيت). والمسحق أو الرحى الذي كثر استعماله، حتّى العصر الاستهلاني (بعد الاسكندر)، هو مسحق يتحرّك بواسطة اليد حول محور خارجي وفوق طبق من الحجر. المهرس، الذي كان

حجرياً أيضاً، كان على شكل متوازي المستطيلات: كان فارغاً، شبيهاً بقمع مع ثقب في القاع ضيّق وطويل ومخطّط، مثل الطبق، على شكل الحسك. وكان المحور يتّصل بقبضة طويلة من الخشب، مثبّتة في نقرات الجانب الأعلى.

ثمّ ظهر عند نهاية العصر الاستهلاني نوعان من الرحى التي تدور حول محور داخلي. ونجد نموذجاً عن الأوّل، في العصر الكلاسيكي، لسحق المعدن في مناجم لوريون (شكل 2). الرحى الراقدة مخروطية الشكل نحو الأعلى، والرحى المتحرّكة شبيهة بساعة رملية يغطّي نصفها الأسفل القمّة المخروطية للرحى الراقدة. القسم الأعلى كان عبارة عن قمع، وكان هناك تباعد بسيط يُحفظ بين القسمين. كانت الرحى المتحرّكة تدور حول محور من الخشب مغروس في الرحى الراقدة وبفضل التعلّق بهذا المحور يبقى التباعد بين القسمين محفوظاً. وقد عرف هذا النوع من الرحى، الذي ربّما كان يجُر بواسطة الحيوانات، انتشاراً ملحوظاً في العالم الروماني.



شكل 2. ــ الرحى.

أمّا صناعة الزيت فكانت أكثر تعقيداً: كانت العملية الأولى تقوم على فصل النواة عن اللبّ واستخلاص من هذا الأخير أوّلاً سائلاً مرّاً كان يُستعمل كسماد أو كمادّة لتجفيف الخشب والجلد، ثمّ عصارة الزيت الدسمة. في البدء كانت تُداس حبّات الزيتون تحت

الأقدام بواسطة الجراميق ويؤخذ السائل المر عبر قناة، وقد يكون جرى استعمال المدقّات. ونرى على إناء إغريقي من ديلوس Dèlos أنّ اللب كان يداس في سلّة كبيرة بواسطة حجر ثقيل بعد دق حبّات الزيتون في جرن كبير. بعد ذلك بكثير ظهرت أخيراً طاحونة الزيت، التي أطلق عليها الرومان إسم ترابتوم Trapetum، وكانت تتضمّن حجري رحى، مرفوعين عامودياً، يدعمهما محور أفقي يدور حول مدار عامودي. كانت الرحى عبارة عن وعاء حجري تتّصل جوانبه بالجانب الخارجي لحجري رحى متحركّين. هنا أيضاً، كان يُحفظ تباعد معيّن بين الحجرين. ونرى نماذج من هذه الآلة في حفريات أولنتوس Olynthus التي تعود إلى القرن الخامس ق. م. بعد ذلك كان اللبّ يخضع للمكبس. وهناك إناء إغريقي من القرن السادس ق. م يظهر أيضاً آلة بدائية هي نوع من سلّة يكبس فيها اللبّ بواسطة حجر كما في العملية الأولى. ثمّ استعملت مكابس شبيهة بمكابس النبيذ. وتأكّد استعمال الرافعة المزوّدة بثقالات ضخمة في القرن السادس ق. م على إناء محفوظ في بوسطن. كانت الثمار توضع في أوعية مربّعة الزوايا تعلوها لوحة خشبية تسند الرافعة.

كانت صناعة النبيذ كثيرة الشبه بصناعة الزيت، كان العنب أوّلاً يداس تحت الأقدام في أوعية من الخشب يمكن حملها، ثم بدأ، في عهد يصعب تحديده ولكنّه يعود إلى نفس فترة مكبس الزيت، اعتماد الرافعة الكبيرة المزوّدة بثقالة. ثمّ جاء دور الرافعة الخنزيرة والبكرات المتعدّدة كما يشير هارون الاسكندراني.

ويقول ب. كلوشيه أنّه في القرن الرابع ق. م تقريباً، تحسّنت وسائل زراعة البقول في بعض المناطق، مثلاً في ضاحية أثينا.

كانت طبيعة التربة تتحكّم بتربية الماشية، وقد عرفت اليونان بضع مناطق غنية حيث نلتقي بالخيول وبالبقريات: تسّاليا، ابيروس Epirus، بيوتيا، ميسينيا Messenia وأوبه. أمّا في الأماكن الأخرى فقد اكتفى الإنسان بتربية الحمار والبغل من جهة، والماشية الصغيرة من جهة أخرى، كالخراف والماعز. كان على سكّان أثينا أن يستوردوا الخيول والبقريات من الخارج. الخنزير كان واسع الانتشار، وقد عُرِف نوعان من الخراف: الخروف ذو الذيل الطويل مثل خراف الجزائر الصغيرة، والخروف ذو الذيل العريض أي الذي يغطّي مؤخّرته انتفاخ دسم، وكانت الخراف تربّى خاصّة من أجل صوفها.

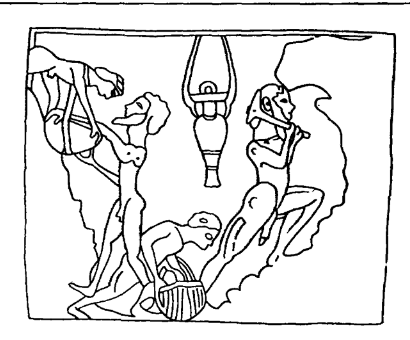
كذلك كان الصيد معروفاً، وبعض الحيوانات كانت توجد بكمّيات كبيرة اضطرت الإنسان للتخلص منها بواسطة إحاشات حقيقية: هكذا مثلاً كان وضع الأرانب البرّية في الجزر. صيد الأسماك كان أيضاً مورداً مهمّاً؛ في الأوقات الهوميرية اعتادت الشخصيات الكبيرة على ازدراء السمك، لكن بدأ البحث عنه في العصر القديم وأخذ يكثر في الأسواق

شيئاً فشيئاً. وكان يتمّ هذا الصيد بجميع وسائله: الخيط العائم، الخيط الذي يغوص، الشبكة الطويلة المرمية، الخطّاف والقفّة. وأنواع الأسماك التي تؤخذ كانت الأنشوف، السردين والتون.

هكذا رغم محيط غير مناسب، على الأقلّ في قسم كبير من البلاد، استطاعت الحضارة الهلّينية أن تقيم زراعة نامية أكثر منها في مناطق أخرى، قد تكون أغنى وأخصب، وهذا في مجال الزراعات أو الوسائل الزراعية، وخاصّة في مجال تحضير منتوجات الأرض. وليس من المستبعد أن تكون المشاكل الزراعية، التي أثّرت كثيراً على المجتمعات الإغريقية، قد ساهمت بوضع عوائق أمام التقنيات الزراعية. مع هذا يبدو أنّ الظروف الطبيعية والمحيط التقني قد لعبت دوراً أهمّ، كما لا يبدو أنّ الزراعة الإغريقية قد امتلكت وسائل تسمح لها المرحلة التي وصلت إليها بعد جهود يجب الإشارة إلى أهمّيتها.

لقد طرح استثمار باطن الأرض أيضاً بعض المشاكل صعبة الحل، وقد ذكرنا كم كانت موارد اليونان المنجمية قليلة. وجد النحاس في أوبه وفي قبرص؛ الحديد في السيكلاد وبيوتيا وأوبه، وقليل من الذهب والفضّة في تاسوس Thasos وسيفنوس Siphnos، وهذا ما جعل المدينتين الأخيرتين خلال القرنين السابع والسادس ق. م مركزين مزدهرين لإنتاج الفضّة. لكن كل هذا النشاط المنجمي انكسف خلف مناجم لوريون حيث تمركز الرصاص في مناطق الاحتكاك بين الطبقات النضيدية والكلسية.

من المحتمل أن تكون لوريون قد استثمرت في وقت مبكر، وهناك نرى السراديب على أشكال مختلفة، مربّعة، شبيهة بالمنحرف وغير منتظمة، مع ارتفاع لا يتعدّى أبداً المتر الواحد ويقف غالباً عند حدود الـ 60 سنتم، وعرض من 60 إلى 90 سنتم ممّا جعل من هذه السراديب أمعاء تمنع الوصول إلى عرق المعدن. وبما أنّه كان من المكلف الوصول إلى عروق المعادن بواسطة سراديب، لجأ الإغريق إلى الآبار العامودية، بمساحة قاعدة مربّعة أو مستطيلة تصل إلى حوالي 2 م ^{2}، وفي الداخل كانت تُجعل نقرات سلالم تمضي نزولاً على شكل أنثى البرغي، وذلك بصورة مدهشة، وبعض الآبار وصلت حتّى عمق 120 م تقريباً. أمّا الأدوات التي كانت تُستخدم فكانت المطرقة مع رأسين الأوّل مسطّح والثاني دقيق، والمنكش وكان عبارة عن نصل مسطّح وسميك، ذي طرف حاد وطرف آخر مثني على شكل حلقة لاستيعاب قبضة قوية؛ والمنقب وكان رفشاً منحني الحلقة كما بالنسبة للمرّ (أداة لقلب التراب)، وكلّ هذه الأدوات كانت من الحديد المطروق. المصابيح كانت من الفخّار عامّة، وأحياناً من الرصاص، وكان المعدن يُنقل في أكياس أو في سلال (شكل 3).



شكل 3. ــ سرداب منجم مصور على لوحة كورنثية ملونة من القرن السادس ق. م.

كان التعرّف إلى الطبقات المعدنية سهلاً نسبياً بالنسبة للذين فكّروا وتصوّروا وضع الركام المعدني في الجيوب الأرضية. حسب المكان الذي يتّصل فيه السرداب، بالجيب كان المعدن الخام يرفع إمّا بدءاً من الأعلى، إمّا من الأسفل. لا يبدو أن النار قد استعملت لتفتيت الصخر، باستثناء حالات نادرة. وبالنسبة للتهوية، كان يُعتمد إلى تحريك قطع من القماش، لكن كان يوضع أيضاً في البئر فواصل من الخشب عامودية مجلفطة بعناية وتلعب دور الرشّاف. كان اجتياز الطبقات النضيدية والكلسية الصلبة، كما في لوريون، يستغني عن أعمال الدعامات، لكن في الطبقة المعدنية البحتة كان يُعتمد نظام الركائز.

ثمّ يبدو أنّه حصلت تطوّرات مهمّة في القرنين الخامس والرابع ق. م، وفي هذا العصر أيضاً اتقنت البئر العمودية وازدادت معرفة الطبقات المعدنية. وبالفعل نعرف أنّ منتوجات لوريون ازدادت خلال ارخونتية (ولاية) نيكوميدس (484 ق. م / 483 ق. م)، كما نعرف جيّداً الأعمال المهمّة التي نفذّت في ممر سيفالاري Céphalari الجبلي، قرب بحيرة كوبي Copais، بإشراف مهندس أخصّائي هو كراتيس الشالكيسي Cratès de Chalcis خلال القرن الرابع ق. م. كلّ شيء يشير، وإن كان يصعب قوله على وجه التحديد، أنّ تطوّراً ملحوظاً تحقّق عند نهاية القرن السادس وبداية القرن الخامس ق. م في مجال المناجم.

أوّلاً كان يؤخذ المعدن غير الخالص أو الركاز للتنقية ثمّ للسحق، وكان السحق يتمّ أوّلاً في أجران، ثمّ بواسطة الرحى التي وصفناها أعلاه والمؤلّفة من قسمين مخروطيين، بعد ذلك يؤخذ للغسيل في خزّان منحني المساحة، وكانت المياه تجمّع دون شك في أحواض

خلال الموسم الملائم: حتّى هنا كانت تكمن صعوبة لا يُستهان بها. ثمّ يشوى هذا الركاز ويتمّ تحويله بطرق ليست معروفة كلّياً، إذ يبدو أنّه كان هناك نفخ للهواء الاصطناعي، كما كان يفصل الرصاص عن الفضّة بواسطة التصفية. ومعلوماتنا ما تزال أقلّ من أن تسمح لنا بالقول ما إذا وجد، عبر هذه العمليات، تطوّر حقيقي خلال العصر الذي يهمّنا هنا. ومن المحتمل أن يكون تزايد انتاج المعادن أحدث ليس مضاعفة في عدد مراكز المعالجة، بل إتقاناً معيّناً في طرق الحرق والتحويل على السواء.

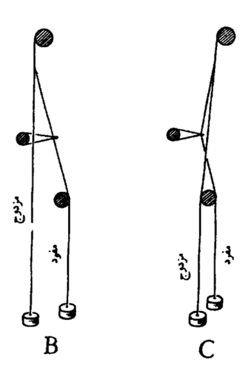
إذا كان استخلاص الصلصال لم يلتق بصعوبة كبيرة (وقد قيل أنّ الإناء اليوناني كان عبارة عن استخراج للصلصال من تحت الأرض، وهذا أمر لا يُعقل كثيراً)، فإنّ استغلال المقالع لم يكن دوماً سهلاً. إنّ أعمال السراديب تبدو نادرة جدّاً، ونجد منها في باروس Paros بالنسبة للمرمر. أمّا المقالع المفتوحة فكانت كثيرة، حيث كان العمل يمضي بواسطة درج ينطلق من الأعلى لأنّه كان من الأسهل نزول الكتل الحجرية، لكن أحياناً كان ينطلق من الأسفل للتمكّن من الاستفادة من الأعالي. أمّا الطرق المعتمدة فكانت نفس الطرق التي اعتمدها المصريون بالنسبة للغرانيت.

ما تزال دراسة الصناعة الحرفية الإغريقية غير كافية، ومن الممكن أنّها تكشف لنا، في معظم الحالات، عن ثبات معيّن لكنّه لا يلغي تطوّرات مهمّة جرت هنا وهناك.

تقنيات النسيج كانت من التقنيات التي لم تتطوّر كثيراً؛ الصوف كان المادّة المستعملة، بينما كان الكتّان يستورد من مصر وأُدخل القطن إلى اليونان بعد الحملات التي قام بها الاسكندر إلى وادي السند. وبقي النسيج على المغزل والعرناس، والنول كان دائماً النول العامودي، الذي تتعلّق سلسلته (سداته) بقضيب موضوع بالعرض يقوم على خشبتين وتبقى ممدودة بواسطة ثقالات معلّقة عند طرف كلّ من الخيوط (شكل 4)، وكان قضيب متحرّك يفصل الخيوط أو مجموعات الخيوط المفردة والمزدوجة. ونرى المكّوك عبارة عن إبرة كبيرة مسطّحة من الخشب. كان النسج يتمّ من الأعلى نحو الأسفل وكان هناك مشط يشد خيوط الحبكة، أمّا طول القطعة فكان يحدّده ارتفاع النول.

كان شغل الخشب مهمّاً في الكثير من الميادين: البناء، السفن (شكل 5)، الأثاث، إلخ. في معظم الحالات كانت الأدوات نفسها كما في الحضارات السابقة، ربّما فقط تحسّن المعدن والأشكال. في البدء كانت الذراع، المنشار، البليطة، الفأس ثمّ المنجر، المشعب، المحفر، المثقب والمثقب المنشاري، البريمة، الإسفين، المصقل. وقد ابتكر الإغريق أداتين أساسيتين، وهذا في القرن السادس ق. م، الأولى كانت المنشار ذا القوس وهو أسهل للاستعمال، والثانية، وهي الأهمّ، كانت المخرطة، التي نُسبت إلى تيودوروس

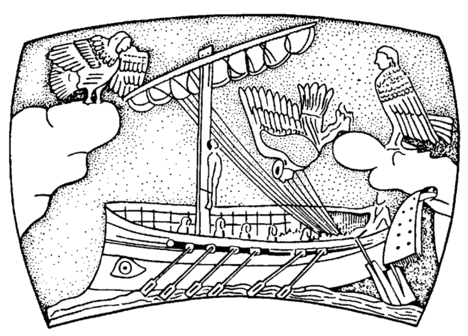




شكل ٤. — نول النسيج.

آنية من كابيريون Cabirions (أ) ووضعان متتاليان (ب و ج) لخيوط السداة على النول

السامومي The podore de Samos وكان عامل برونز، مهندساً، نحّاتاً ومعمارياً، أي أحد رجال العصر الإغريقي الذهبي الكثيري الشبه «بمهندسي» عصر النهضة. ورغم عدم وجود جهاز ساعد ـ رائد (bielle-manivelle)، فإنّ استعمال المخرطة ساهم كثيراً بإتقان شغل الخشب.



شكل 5. ــ مركب إغريقي.
لوحة عن إناء أتيكي (نحو 475/500 ق. م)

عرف الخزّافون الدولاب منذ العصر الهوميري، كانت الاستعانة بمساعد يديره تسمح للخزّاف بحريّة استعمال يديه الاثنتين. لكن لا يبدو أنّه حدث تطوّر كثير في مجال الخزف؛ بعد التجفيف، كان الإناء يصقل. لن نقف كثيراً عند تقنيات درسناها مطوّلاً إن من ناحية التلوين، الألوان أو حتّى عملية الطهو. إلاّ أنّه تجدر الإشارة بالنسبة لناحيتين تتعلّقان بالطين النضج. الآجر، وكان عامّة ذا أبعاد ثلاثة معيّرة جيّداً، استعمل نيّاً لفترة طويلة، مجفّفا تحت أشعّة الشمس، وللحصول على عيار دقيق استعملت قوالب وجدت نماذج عنها. أمّا الآجر النضج فلم نجد شواهد على اعتماده سوى في أحيان نادرة قبل ظهور بعض التقنيات الرومانية، وربّما يكون قد استعمل بالضبط لحظة بدء التأثير الروماني. بالمقابل استعمل القرميد النضج بكثرة، حيث لم يكن من الممكن استعمال القرميد النيء. وكان هناك نوعان: القرميد اللاكوني، المنحني مع غطاء وصلات منحن أيضاً، والقرميد الكورنثي، المستقيم، مع طرفين وغطاء وصلات ذي زوايا. حسب بليني Pline، تعود قطع القرميد الكورنثية إلى القرن السادس ق. م. وكان هي أيضاً مقولبة.

لا نعرف جيّداً الفنون المعدنية لدى الإغريق، ويقال عنهم أنّهم كانوا حدّادين حاذقين. رغم هذا ينبغي أن يعاد تأويل الصور التي نملكها بشكل أكثر واقعية. هناك دنّ من القرن السادس ق. م، محفوظ في المتحف البريطاني، يصوّر محرف حدادة وليس محرف إذابة للمعادن، والصورة المركزية تظهر جيّداً أنّ الموضوعَ هو شغل للحديد أو، والاحتمال هنا أضعف، للنحاس. الفرن هو إذن عبارة عن موقد حدادة بسيط: في الواقع لم تكن الإذابة معروفة ذلك العصر، المنافخ كانت مصنوعة من قربتين متشابهتين تماماً وجهاز الأدوات كان متنوّعاً جدّاً، لكنّه لم يتضمّن أيّ عنصر إضافي عن ما عرفناه في العصور السابقة.

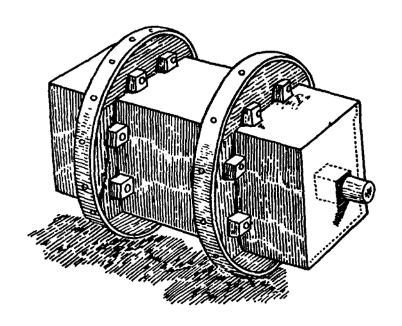
استعمل البرونز كثيراً من أجل صنع التماثيل، لكن يبدو أنّ طرق إذابته لم تكن متقنة كثيراً. كانت التماثيل صغيرة الحجم وكذلك التماثيل الكبيرة تذاب قطعاً كثيرة تُجمّع فيما بعد. وغالباً كان يوجد نفطات وحثالات شبه زجاجية عائدة إلى رمل القالب.

أمّا في مجال البناء، فهنا بدأ الإغريق فعلاً يغيّرون بشكل ملحوظ التقنيات السابقة. في الهياكل الأولى، وفي المنازل أيضاً، كانت الأعمدة، الدعامات والعارضات كلّها من الخشب، وبقيت هذه التقنية معتمدة حتّى في القرن الثالث ق. م، كما نرى في ساموس وفي مزار الأسكليبيون في كوس Cos. وقد استعملت مختلف أنواع الأخشاب تقريباً، السنديان، الصنوبر، السرو والأرز غير القابل للتعفّن، وكذلك الجوز والزيتون وحتّى الكرمة، بالنسبة للجدران كانت تُستخدم قطع الآجر، وقد رأينا أحياناً جدراناً سميكة من الصلصال. كان معبد باتراس Patras مبنياً من الآجر، والآجر كان أيضاً يستعمل بكثرة من أجل بناء الأسوار: هكذا بني في القرن الخامس ق. م، جدار تيميستوكليس Thémistocle في أثينا، أسوار بلاتيه Platée، تيبس Thèbes وتيجه Tégée، وفي القرن الرابع ق. م جدران أبولونيا ومانتنيه Mantinée، وحتّى في القرن الثاني ق. م سور اسبرطة. غالباً ما كانت هذه الجدران تُرفع فوق قواعد حجرية وتدعم بواسطة تدعيمات خشبية تبعاً لتقنية استعملها الكريتو - ميسينيون على نطاق واسع، وفي القرن الثالث ق. م طلب فيلون Philon البيزنطي هذه التدعيمات الخشبية من أجل تقوية أبنية الآجر، كما نراها استعملت في ترميمات أجزاء الآجر من جدار أثينا نحو العامين 306/307 ق. م.

الانقلاب الحقيقي كان الاستبدال لكلّ هذه المواد بالحجر، وكان هذا الاستبدال قد بدأ، بشكل خفيف، نحو منتصف القرن السابع ق. م، وكان دون شك تدريجياً في البداية: كانت الأعمدة الحجرية توضع مكان الأعمدة الخشبية المهترئة، هكذا كان في هيرايوم Hèraion أوليمبيا، وفي معبد تيرموس Thermos. بعد ذلك أصبح هذا التبديل، خلال إعادة الإعمار، كلّياً: في مرمرة، في دلفس، في كورفو Corfou، وفي كاليدون Kalydon. إلاّ أنّ

خرجات السطوح بقيت من الخشب الملبّس بالطين النضج، وفي القرن السادس ق. م، شاع استعمال الحجر وشاهدنا «عمليّة تحجير» لخرجات السطوح، كما نرى في معبد أبولونيوس Apollon في كورنثيا في الربع الثالث من القرن السادس ق. م. من الصعب القول ما إذا كانت الأعمدة الأولى مؤلّفة من كتلة حجرية واحدة: وهذا معقول إذا أخذنا بعين الاعتبار نجاح التجربة في مصر. على أيّ حال، سرعان ما ظهر العمود الاسطواني الشكل، واستُعمل في معبد هيرا في أوليمبيا. لم تكن الصعوبة في نقل المواد، بل في التركيب لأنّه لم يكن يمكن رفع العمود سوى رأسياً ممّا كان يفترض أجهزة رفع متقنة جيّداً. إذا كان معبد أبولونيوس في كورنثيا، المبني حوالي العام 540 ق. م، ما يزال يحتفظ بأعمدة من كتلة حجرية واحدة، فالحال يبدو هنا متأخّراً واستثنائياً.

كان استعمال الحجر مكان المواد المعتمدة قبله يتوقّف بدرجة كبيرة على أجهزة النقل والرفع. بالنسبة للنقل، اعتمد ما كان لدى المصريين بالإضافة إلى أدوات أكثر اتقاناً: محدلات، عربات مثل مثقلة ايلوزيس Eleusis، أطواق مستديرة من الخشب (شكل 6، 7 و 8)، كان يجب أيضاً شق دروب وقد وجدنامنها قرب المقالع والهياكل. أمّا عمليات الرفع فكانت أصعب: حيث كان يصل وزن عمود اسطواني إلى خمسة أطنان؛ وطول خرجة السطح من ستّة إلى تسعة أمتار ووزنها حتّى ثلاثين طنّاً. بالنسبة للقطع الضخمة، قد يكون الإغريق استعملوا حدرات مؤقّتة، كما فعلوا لرفع خرجات سطح معبد البارثينون، لكن سرعان ما استبدلت هذه الطرق، المكلفة والعويصة، بآلات رفع تقوم على البكرات والرافعات والخنزيرات. وقد اكتشفت آثار عمليّات رفع في دلفس، في أوليمبيا في النصف الثاني من القرن السادس ق. م. وتجدر الإشارة إلى منجزات شيرسيفرون Chersiphron وميتاجين Métagène، اللذين التزما بناء معابد إيفيسوس وابتكرا أجهزة لنقل المواد ورفعها إلى المكان المطلوب. بعد ذلك بقرون ذكر ڤيتريڤيوس Vitruve مدى الأهمّية التي أحداثاها وبقيا يحدثانها في عالم البناء، ولم ينس الإشارة إلى الكتاب الذي وضعاه تحديداً عن الآلات الحديثة التي اخترعاها والذي تناقلته أجيال من المهندسين المعماريين على مدى العصور، دون الحاجة إلى تحسينات كبيرة. استعملت الرافعات والبكرات في بناء هيكل الإيرختيوم Erechteion، عند نهاية القرن الخامس ق. م، وفي ديديما Didymes، تمّ تركيب آلتين سويّة لرفع قطع خرجة السطح فوق الأعمدة، وكانت القطعة تبلغ حوالي 7,5 م طولاً و 2,20 م سماكة. ولقد عمد هارون الاسكندراني إلى تصنيف مختلف هذه الآلات، خاصّة بالنسبة للرافعات البكّارة ذات 3,2,1 أو 4 عارضات التي تشكّل حمّالات.



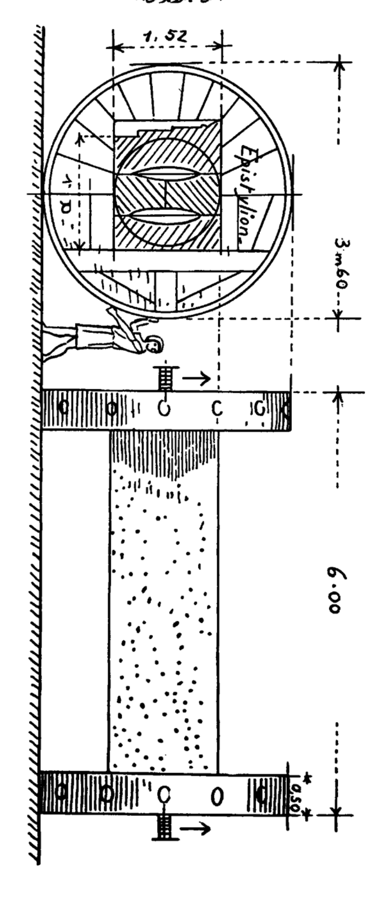
شكل 6ـــ نقل كتلة حجرية.

(عن هيتورف Hittorf. صقليّة.)

لقد سمح لنا تفحّص الآثار بالتعرّف جيّداً إلى طرق البناء. أوّلاً كانت الأساسات ضعيفة، وفي بعض الأحيان كان يُكتفى بتمهيد الصخر، ومن هنا الضرورة لإقامة قاعدة متينة. كانت جدران الهياكل الكبيرة تُبنى من كتل حجرية مجهّزة ومقطّعة بانتظام، وتجمّع مداميك منتظمة دون ملاط، وكان يتمّ إنهاء البناء بعد رفعه، إذ كانت الأعمدة تضلّع بعد إقامتها ويزيّن خارج الجدران بعد بنائها. المشكلة الأهمّ كانت ضمانة متانة هذا التكديس؛ كانت الأعمدة الاسطوانية تتّصل ببعضها بواسطة أوتاد من خشب الأرز، يتمّ إدخالها في تجويفة مربّعة محفورة عند مركز العمود، أوتاد مغطّسة في الرصاص. وكانت الجدران تتصل ببعضها، أفقياً وعامودياً، عبر كلاّبات من المعدن على شكل ذنب السنونو، أو حرف T مزدوج أو منصبة مزدوجة. ولم يثق المعماريون الإغريق بمتانة المرمر فأدخلوا معه هياكل حديدية لتدعيم البناء، وهكذا أصبحت الجدران صلبة للغاية ولكن تمكّنت أيضاً أعالي الأبواب، الإفريزات والعارضات التي كان يجب الحؤول دون وقوعها. ويبدو لنا واضحاً تدعيم خرجات السطوح في دلفس، في القرن الرابع ق. م، في بروبيليا Propylées، وقد أشير إلى متانة ومقاومة القطع الحديدية التي اعتمدت هناك.

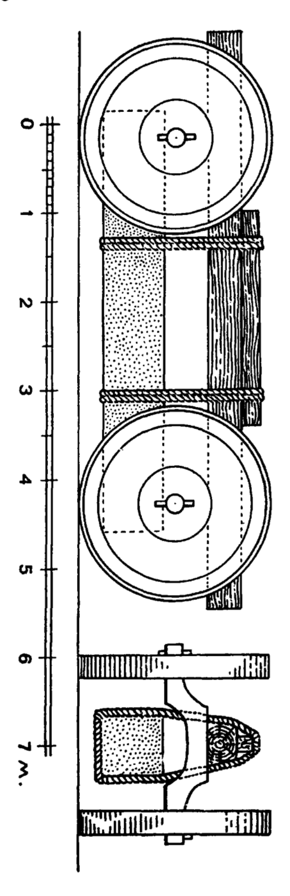
تظهر لنا دراسة الأحجار وكل العلامات التي تحملها على مدى تطوّر تقنية البناء تلك، وتدلنا الفرض، النتوءات، والحزات على شكل V أو U على استعمال آلات، إمّا للحبال، إمّا للملاقط والكلاّبات (شكل 9 و 10)، وهذا منذ القرن السادس ق. م. وإشارات

شكل ٧. ـــ جهاز نقل كتل حجرية في ايفيسوس.
(عن بترويوس).

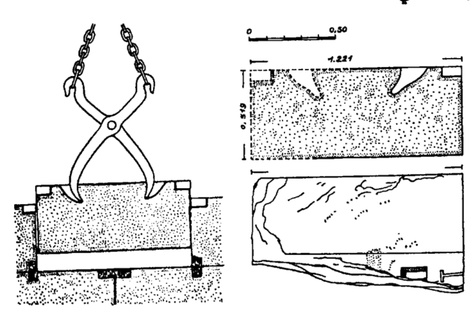


شكل 8. ـــ عربة أثقال في إيلوزيس.

(عن ر. مارتان R. Martin, «Manuel d'archéologie grecque»، باريس، 1965.)



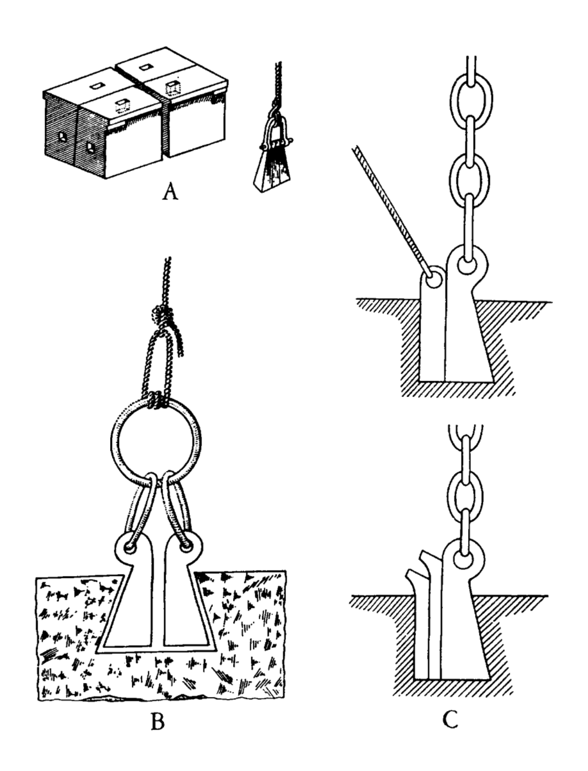
التجميع تظهر أعمالاً منظّمة منطقياً، وتبيّن لنا بعض محاولات التطوير: بالنسبة للحديد الذي كان يُستعمل للدعم، اعتمد شكل ذنب السنونو عند نهاية القرن السادس وبداية القرن الخامس ق. م، بعد ذلك انتقل إلى قطع الحديد بشكل T أو T مزدوج. من ناحية أخرى تحسنّت طريقة تثبيت الأعمدة الاسطوانية نحو منتصف القرن الرابع ق. م بأن أضيف إلى الوتد ألسنة توضع عند الأطرف. ومن المحتمل أن يكون المعماريون قد عملوا انطلاقاً من تصاميم مصغّرة (ماكيت) يضعونها قبلاً، ربّما فقط كي يمكنهم تقديم مشاريعهم للسلطات: اعتمدت هذه الطريقة أيضاً عند بداية القرن الميلادي السادس عشر من قبل معماريي عصر النهضة. إنطلاقاً من نهاية القرن الخامس ق. م، أضافوا ما قدّم لهم علم المنظورات والظلال، وسمحت لهم الرسومات المقطعية والجانبية بتحسين تصاميمهم حول نقاط مهمّة. ولن نقف كثيراً عند التحسينات الكبيرة التي جرت في مجال بناء الصروح الحجرية الكبيرة في أفضل عصر كلاسيكي.



شكل ٩. ــ وضع كتلة حجرية، وتجويفات من اجل الملقط (البارثينون).

(عن ر. مارتان.)

فيما يتعلّق بصقالات الأبنية لم نلحظ حدوث الكثير من التطوّرات، فقد كانت هذه الصقالات عبارة عن مجرّد تكديسات للأخشاب، كما سنرى في ترسانة منطقة بيرايوس Pirée. وكانت هذه الطريقة مكلفة جدّاً والصقالات ثقيلة. حتّى لو لم يكن بإمكان العلم، كما أكّد البعض، أن يقدّم حلاً أفضل، فإنّنا نرى الإغريق وقد أظهروا في ميادين أخرى براعة في صفّ الأخشاب لكانت نفعتهم لتحسين صقالاتهم. وهذا كان يتعلّق أيضاً بنوعية الأخشاب التي كانوا يستعملونها.



شكل ١٠. ــ أنواع مختلفة من كلاّبات الرفع.

أ، كلاّبة رفع والتجويفات المناسبة، ب، كلاّبة بجانبين منحرفين (العصر الروماني)، ج، نموذجان لكلاّبة بجانب منحرف واحد (العصر الإغريقي).

(عن ر. مارتان)

منذ أقدم العصور، لم تُعرف سوى القبّة ذات الخرجة، أمّا القبّة الحديثة فقد ابتكرها، كما يقول ديودورس الصقلّي وسترابو Strabon، ديموكريتوس الأبد يرى، نحو العام 440 ق. م وأوّل أمثلة نعرفها عنها تعود إلى القرن الخامس أو الرابع ق. م.

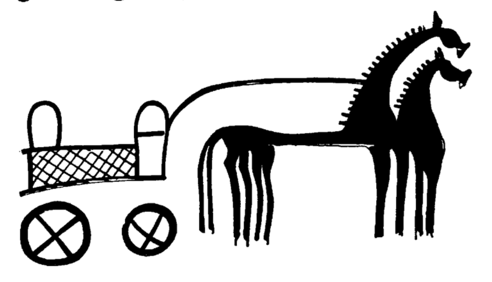
تبقى مسألة المواصلات، ومن الصعب أن نفرّق بين مختلف عناصرها: لقد سبق أن أشرنا كم يجب النظر إلى مفهومي البنية والنظام معاً وإنّ الفصل بينهما قد يؤدّي إلى أحكام غير صحيحة. العربات والطريق، العربات والنير، العربات وتربية الماشية أمور لا يمكن الفصل بينها، كالسفينة والمرفأ.

إنّ ركن النقل البرّي هو الطريق، ولكن هناك أيضاً المواد المنقولة، وتكوين الطريق الجغرافي، ونظام البلد السياسي ووضعه المالي، ثمّ هناك العتاد المتوفّر والتقنيات المؤاتية. لقد عرفت كريت شبكة طرقات متطوّرة نوعاً ما وذلك منذ الألف الثاني ق. م. بالمقابل كانت طرقات اليونان في العصر الكلاسيكي قليلة وغير مجهّزة، مقتصرة على بعض الدروب، أمّا الجسور فكانت غائبة. وهذا لم يكن يعني عدم كفاية تقنية، فقد عرفنا طرقات من نوع ممتاز هي الطرقات المقدّسة، المرصوفة، لكنّ طولها كان محدوداً وهدفها ضيّقاً ومحدّداً، ونرى منها في دلفس، في إيلوزيس، وفي أوليمبيا، مع أرصفة مرتفعة على الجانبين. أمّا في المدن فكانت الطرقات عادية، مجرّد دروب موحلة. فقط انطلاقاً من القرن الخامس ق. م بدأ رصف الطرقات وتجهيزها. بالإضافة إلى نقص التصوّر التقني كانت العوائق تنتج عن التجزّؤ السياسي وميزانيات المدن المالية الضعيفة.

تنبغي أيضاً الإشارة إلى ضعف حركة نقل البضائع، فالتبادلات كانت محدودة نسبياً وقلّما تناولت أموراً غير الكمّيات المستوردة خاصّة الحبوب وبعض المواد. وحتّى عهود قريبة، أقلّه حتّى نهاية القرون الوسطى، كان النقل على ظهر البهائم كافياً، لا سيّما بالنسبة للمواد الغذائية. أمّا نقل القطع الكبيرة فكان صعباً حتماً، ومن هنا عدم التوسّع في بعض الأبنية، وكانت تقوم الحمير والبغال بهذا النقل الذي لم يتطلّب أكثر من دروب عادية.

العربة الإغريقية كانت ذات عجلتين، وهناك باطية قديمة، محفوظة في المتحف الوطني في أثينا وهي تعود إلى القرن الثامن ق. م، عليها رسم يمثّل، إن صحّ تأويله، عربات بأربع عجلات، لكنّها كانت عربات جنائزية لم توضع لقطع المسافات الطويلة. دون مقدّمها المتحرّك، كان تقريباً من المستحيل إدارة وتسيير العربة ذات العجلات الأربع، التي وجدت فعلاً (شكل 11). لقد كانت أنظمة العجلات والمحاور ما تزال بدائية، والنير كما هو معروف بشكل عام غير منسجم تماماً مع الجرّ، حيث كان الطوق يحيط بعنق البهيمة ويعيق تنفسها نوعاً ما. ولم تكن تُعرف حدوة الحصان. إذن لم يكن وزن الحمولات المنقولة

يتعدّى الخمسمائة كلغ في العربة الواحدة. لكن هناك ناحية ثانية للنقل هي تربية الماشية؛ باستثناء بعض المناطق، كانت المراعي هزيلة وكان الشوفان كما رأينا غير معروف تقريباً. ضمن هذه الشروط ومهما بلغت درجة إتقان العربات، لم يكن بوسع النقل أن يتوسّع ويتطوّر.



شكل 11. عربة إغريقية.

استعمل الجواد كمطيّة منذ القرن الحادي عشر ق. م، وهناك نصوص كتبها كزينوفون Xénophon تشير إلى وجود السرج منذ بداية القرن الرابع ق. م، أمّا المنخس والركاب فلم يعرفهما الإغريق.

في بلد تحيط به السواحل من الطبيعي أن يكون النقل البحري هو الأكثر تطوّراً. والمدن الأغنى والأقوى، أو على الأقلّ التي بقيت الأغنى والأقوى، كانت المدن الواقعة على شاطىء البحر. بين مكوّنات التقنيات البحرية الثلاث، أي السفينة، المرفأ والملاحة، لا شك في أنّ الأخيرة كانت الأكثر بدائية، أو على أيّ حال غير المعروفة تماماً. في الواقع، حظي الإغريق في هذا المجال بأسلاف ممتازين، وهم الفينيقيون الذين أخذوا عنهم أهمّ جزء من تقنياتهم. ملاحة ساحلية بالطبع، لكنّ الإغريق ذهبوا أيضاً عبر بعض المحاور، كالذي قادهم إلى مصر؛ وكان الافتقار إلى وسائل المراقبة وإلى الخرائط المناسبة يؤدّي إلى إبحارات تقديرية.

لقد قيل الكثير حول السفينة، والقليل منه يطابق الحقيقة. من صورة إلى أخرى قلّما نلاحظ تغيّراً ما، أو تغيّراً مهمّاً، ويجب التمييز بين السفن التجارية والسفن الحربية التي كانت شروطها أدقّ خاصّة في ما يتعلّق بالسرعة والقيادة. السفن الحربية، المصوّرة أكثر، كانت ضامرة أكثر، مع طرفين مرتفعين وشراع كبير كما نرى النماذج عنها على كأس

نيكوستينيس في متحف اللوفر. أمّا السفن التجارية فكانت صغيرة الحجم، مستديرة ومنخفضة، مع سعة نحو أربعين إلى ستّين برميلاً. في كلّ هذه السفن كانت مساحة الجسر محدودة، مقتصرة على وقاءين بسيطين في الأمام وفي الخلف.

كان الدفع يتمّ في آن واحد بواسطة الشراع وبواسطة المجاذيف، كانت كلّ الأشرعة رباعية الزوايا، مثبّتة بسارية وحيدة، وكانت مصنوعة من الجلد أو القماش لكنّ معلوماتنا قليلة بهذا الشأن. لم يكن الشراع يسمح بالسير إلاّ بواسطة الريح من الخلف، كان طبعاً من المستحيل السير ضدّ الريح واعتماد قيادات فنّية، فكان المجذاف ضرورياً. لقد قيل غالباً بوجود تناضد للجذّافين البعض فوق الآخر، فكانت سفن بثلاث أو أربع طبقات من الجذّافين، إلاّ أنّ هذا الأمر لا يتعدّى نطاق التصوّر لأنّه يستدعي سفناً عالية جدّاً وبحاجة إلى تصبير خارق لمكينها. على هذه الحال لكانت سفينة بطليموس سوتر تتضمّن اثنتي عشر طبقة من الجذّافين وهذا أمر لا يُعقل. من المحتمل أن تكون العبارة تنطبق على عدد الجذّافين لكلّ جذّاف؛ هل هذا يعني أنّه لم يكن يوجد سفن بطبقات متناضدة من الجذّافين؟ في الحقيقة يصعب القول، لأنّ تفسير الصور يبدو أحياناً عويصاً.

أمّا الدفّة فكانت دائماً، كما منذ عهد السفينة الأوّل، دفّة جانبية. وقد تبيّن أنّه لا ينبغي أن نعلّق عليها الكثير من الأهمّية، لا سيّما بالنسبة لسفينة ذات مجاذيف قلّما تحتاج إلى دفّة أو سكّان، على الأقلّ عندما يكون فريق العمل مدرّباً جيّداً ويقود جماعياً.

ربّما يمكن اعتبار المرفأ أحد أبرز الابتكارات في العصر الكلاسيكي الإغريقي، في الفترة الأولى، كما يُظهر هوميروس بوضوح، كان يُكتفى بالشاطىء كمكان تجنح فيه السفينة، ولهذا الأمر ملحقات مهمّة؛ فالبحر المتوسّط هو دون حركة مدّ وجزر، كان إذن يجب سحب السفينة نحو الرمال، ومن ناحية أخرى كان من الضروري أن لا يكون صالبها نافراً. إذن كان ظهور المرفأ عبارة عن تطوّر للسفينة بحيث سمح بإعطائها صالباً أقوى. وقد بنى الإغريق مرافىء من عدّة أنواع: خلجان صغيرة وهذا كان سهلاً مع وجود السواحل الصخرية، لكن أيضاً مرافىء اصطناعية مع سدود، أرصفة وحواجز.

ولدينا أمثلة مدهشة، كمرفأ كنيده Cnide الذي كان مزدوجاً، بفضل بناء الأرصفة، ونذكر مرفأ الاسكندرية حيث تمّ الوصل، في نهاية القرن الرابع ق. م، بين جزيرة فاروس Pharos واليابسة بواسطة رصيف بلغ طوله ألف وثلاث مئة متراً، مع فتحات يتصل عبرها الحوضان. وفي سيلوسيا بييتريا Séleucie de Piétrie، مرفأ في انطاكية، حفر الحوض بأكمله في ساحل دون وقاء، واتصل بالبحر عبر قناة. ونذكر أخيراً مرفأ بيرايوس Pirée الذي تمتّع بموقع ملائم بصورة ملحوظة.

من المثير أنه جرت محاولة كشف مضيق كورنثيا؛ بدأ هذا العمل نحو 600 ق.م بمبادرة من الطاغية بيرياندر Périandre، ثمّ أعاده ديمتريوس بوليوركيتس عند نهاية القرن الرابع وبداية الثالث ق. م، وتُرِك بعد ذلك لأنّ المهندسين كانوا مقتنعين بوجود فارق بالمستوى بين الجانبين: السبب نفسه أوقف شقّ قناة السويس لمدّة طويلة.

لا حاجة للتذكير بأنه في العام 283 ق. م، وفي ظلّ حكم بطليموس سوتير، أنجز بناء أوّل منارة عرفها العالم: لقد رفع المهندس المعماري سوستراتوس الكنيدي برجاً بارتفاع 85 م، يتراجع كلّ من طوابقه عن الآخر، أمّا النور فكان عبارة عن نار جمر كبيرة ومرآة هائلة تعكسها حتّى أبعد من 55 كلم في البحر. لقد اختفت هذه المنارة في القرن الرابع عشر الميلادي من جراء هزّة أرضية.

مع كلّ هذه العناصر، أي البناء وأجهزة الرفع، تقنيّات النقل وتنظيم المدى والمكان الذي تتطلّبه، نصل هنا إلى منعطف. ففي نظام تقني، وأخذاً بعين الاعتبار العلاقات بين مختلف الأجهزة، التقني، الاقتصادي والاجتماعي تتنوّع الاحتياجات. من الظلم أن نلوم الإغريق على بطء تطوّر تقنياتهم الزراعية مثلاً: فقد كانت الظروف المناخية وظروف التربة، وغياب علم نباتي واسع، وربّما ضعف التنقّلات السكّانية شروطاً لا يمكن تجنّبها، ومن السهل أن نفهم أنّه رغم تكاليف النقل كان استيراد المواد الغذائية أفضل من أعمال التجهيزات المائية المكلفة والبحث عن استصلاحات فعّالة وتغيير التقنيات الخاصّة بالزراعة. من جهة أخرى، كان هناك تقنيات بحاجة إلى تجديد، لأسباب مختلفة؛ عن هذه التقنيات سوف نتكلّم الآن.

إنّ «الأعجوبة الإغريقية» التي جرت بين القرن السادس ق. م. ونهاية القرن الرابع ق. م انعكست على التقنيات. وإذا أردنا أن نحكم من خلال بعض النصوص النادرة التي وصلتنا نرى أنّه في تلك الفترة فعلاً تكوّن النظام التقني الإغريقي، لا بل نظام قدماء الإغريق والرومان (L'Antiquité)، وليست دراسات المقارنة مع حضارتي مصر وبلاد ما بين النهرين متقدّمة بما يكفي كي نضع خطوط فصل واضحة، وفي بعض الحالات ما يزال الشك يحوم حول البعد الحقيقي لما قدّمه الإغريق في هذا المجال.

إنّ التطوّر التقني في ذلك العصر يتضمّن العديد من النواحي التي تجدر الإشارة إليها. أوّلاً هو ليس تطوّراً كلّياً، إذ نلاحظ الفرق بين ما نسمّيه اليوم تقنيات «الاستهلاك» والتقنيات الحرفية التقليدية التي تتطوّر بشكل تقريباً غير ملحوظ. ونذكر كمثل تقنيات النسيج التي بقيت طويلاً، كما رأينا، على المغزل والعرناس والنول العمودي. كذلك بناء الأبنية العادية، بعكس بناء الهياكل الكبيرة الذي استفاد من تقنيات الاستهلاك هذه، لم يتغيّر كثيراً. نلمس

هنا إذاً فرقاً واضحاً بين القطاعات التقنية الثابتة والقطاعات قيد التحوّل.

إلاّ أنّ التقنيات التي ظهرت لم تكن فقط التقنيات قيد التطوّر، بل أيضاً تقنيات جذرية استعانت بمبادىء كان يضعها العلم في نفس الفترة كما قدّمت للعلم بعض عناصر كانت تنقصه. منذ اليوم الذي لم تعد فيه التقنية، من أجل حلّ مشاكلها، تستدعي مجموعة من الحالات الخاصّة، بل أصبحت تطبيقاً لمبادىء عامّة، كان بإمكان علم مستقلّ أن يولد. هنا نلتقي بمفهوم العلاقة بين العلم والتقنية التي كانت إحدى أغنى نواحي عصر النهضة. وإذا كان من الممكن، عند نهاية القرن الميلادي الخامس عشر، إبراز هذا الاتصال بين مادّتين متباعدتين جدّاً في الأصل، فلم يكن ذلك سهلاً في العصر الذي نتناوله. إنّ تاريخ العلوم معروف بمجمله ولكن ليس تاريخ التقنيات لا سيّما أنّه يقلّ عدد المؤرّخين الذين حاولوا التأليف بين العلم والتكنولوجيا، هذا التأليف الذي وضعه علماء الميكانيك في مدرسة الاسكندرية في مقدّم اهتماماتهم.

لنشر على الفور إلى التطابق الزمني التام؛ إنّ الانطلاقة التقنية التي بدأت بشكل خفيف في القرن السادس ق. م، تحدّدت في القرن التالي وبلغت أوجها في نهاية القرن الرابع وبداية القرن الثالث ق. م. ومن القرن السادس إلى القرن الرابع ق. م كذلك، توسّع العلم الهلّيني، كما أسماه تانري Tannery، منذ ظهور المدرسة الإيونية، القريبة من التقنيات، إلى توسّع العالم الإغريقي بعد فتوحات الاسكندر. وعلى مدى تلك الفترة، لم تنقطع التبادلات بين المجالين، كما رأينا ظهور الشخصيات التي اهتّمت بالاثنين معاً: من تاليس Thalès، فيزيائي ورياضي ولكن أيضاً تقني، إلى أرخيتاس أو أرشيتاس Archytas، الذي كان أكبر علماء عصره ودون شك تقنياً كبيراً، وإلى أرخميدس، بقي المجهود ثابتاً: لم تنقطع أبداً الروابط بين العلم والتكنولوجيا، بل على العكس.

الفيزياء بالطبع بقيت متردّدة، مع كلّ التصوّرات المجرّدة التي كانت تحيط بها آنذاك. لم يكن بإمكان التقنيين أن يستعملوها والعلماء، من جهتهم، لم يكن باستطاعتهم أن يتعلّموا من تكنولوجيا كانت تأخذ مسائلها وقتاً قبل أن تتشكّل في نظام معيّن. ونستنتج مع ستراتون من لامبساكوس Straton de Lampsaque كم كان الانفصال كبيراً، وملحوظاً دون شك. وربّما لم تكن «الفيزياء المسلّية» التي طالما سخر منها عند الكلام عن الميكانيكيين الإغريق، سوى ردّة فعل أمام علم كثير التجرّد.

بينما كان التقدّم في مجال الرياضيات، في تلك الفترة نفسها، أكبر بكثير. علم الحساب الذي كان الفيثاغوريون مولعين به بشكل خاص، لم يتوقّف عن التوسّع. نفس الشيء بالنسبة للهندسة، التي كانت دون شك وليدة مسائل عملية، فقد ارتفعت إلى مرتبة

العلم مع كلّ متطلّباته، وقد مرّ التفكير من الحدس والبرهنة التقنية إلى المنطق الاستدلالي؛ لأنّها تقوم أكثر من أيّ علم غيرها على التصوّر الفكري البحت ونظراً لقيمة برهنتها النظرية أو المرئية التي لا نجدها في باقي العلوم، كانت الهندسة أسبق من بقية المواد العلمية.

في هذه الأثناء بقيت الهندسة على صلة وثيقة بالتقنية، وإن كانت قد نجحت في أن تصبح مادّة متطوّرة ومنظّمة، فقد ردّت إلى الفنون المادّية الخدمات التي أخذتها منها عند ولادتها. إلاّ أنّه لا صلة بين العلم والتقنية أكثر مادية من الموسيقى؛ قبل أن يُترجم السلّم الموسيقي رياضياً، سمعته الأذن وميّزته، وكان المرور من سلّم الأصوات إلى سلّم الأعداد نتيجة مواجهات مستمرّة بين الفن والتصوّرات الذهنية. وتعطي دراسة المفردات التقنية، التي لم تجر حسب علمنا إلى الآن، عناصر ثمينة لهذا البحث. وقد استعمل المعماريون، وهم تقنيون، كما «المهندسين» العسكريين، علم الأعداد.

كما بدأ العلماء ينظمّون معلوماتهم ويجعلونها مواداً، بدأ التقنيون بكتابة أولى مقالاتهم: عندئذ بدأ ظهور تكنولوجيا معيّنة، خاصّة في المجالات حيث كانت التحوّلات بارزة.

قبل الدخول في التفاصيل، من المفيد أن نحدّد بعض التحوّلات التي أثّرت كثيراً على عدد كبير من التقنيات. أفضل مثل هو وضع سلاسل الحركة الكلاسيكية، لكن يجب القول أنّ الإسنادات والتواريخ ليست أكيدة. ينسب اللولب أو البرغي إلى أرخيتاس، ونحو القرنين الخامس والرابع ق. م قدّم البرغي، البكرة، العجلات المسنّنة والتشبيكات تجديدات أساسية في مجال التقنيات الميكانيكية. الشيء نفسه بالنسبة للتركيب والتواصل بين سلاسل الحركة: من المكبس ذي الرافعة مع ثقّالة، انتقلنا إلى المكابس مع خنزيرات وبكرات.

مذ ذاك حُلّت جزئياً كلّ مشاكل الرفع، في الأبنية الكبيرة كما في المناجم. وماذا نقول عن استعمال البكرة في البحرية الشراعية؟ إذا كانت مصادر الطاقة بقيت نفسها فإنّ وسائل توزيع ونقل القوى ومضاعفتها بفضل العجلات المسنّنة والبكرات المتّصلة، أدّت إلى توسّع وتنوّع استعمال الطاقة.

معلوماتنا في ما يخصّ المواد ضئيلة جدّاً؛ لم تكن البلاد الإغريقية، حتّى في أوج انتشارها، غنية بالمعادن: سوف نعود إلى هذا الأمر. إذا كان العمل في المناجم قد أصبح أسهل بفضل وسائل الرفع، واستعمال لولب أرخميدس من أجل نزح المياه، فإنّنا لا نلحظ تطوّرات مهمّة في مجال أفران تحويل المعادن. لقد اكتشفت أفران في منطقة أغروس سوستي Agros Sosti، في جزيرة سيفنوس Siphnos، تعود إلى القرن السادس ق. م، وهي مثال عن الأفران ذات المدخنة، مع تلبيس صلصالي، وثقب للتهوية وثقب للصبّ. كانت

هذه الأفران بالطبع متطوّرة بالنسبة للأفران البدائية إلاّ أنّه لم يتمّ أيّ تقدّم يذكر بعدها. من المحتمل أن تكون المعادن التي استعملت في اليونان مستوردة من الخارج، والاستثناء الوحيد كان الرصاص والفضّة مع مناجم لوريون الشهيرة.

التقنيات العسكرية لم تكن ربّما بحالة ممتازة أكثر، لكنّنا نعرفها أكثر لأنّنا نجد في نتاج مؤرّخي الفترة الإغريقية العديد من العناصر المتعلّقة بهذا الموضوع رغم أنّ بعض النصوص متأخّر ويفتقر إلى الدقّة. توسيديدس Thucydide بشكل خاص يتكلّم في عدّة مقاطع عن جميع أنواع الآلات لكنّه يستعمل، باستثناء حالة المنجنيق، كلمات مبهمة يصعب على المؤرّخ أن يجد فيها ما يبحث عنه في مجال التقنيات. إذن من الصعب وضع جدول لتطوّر الفن العسكري في اليونان القديمة، لا سيّما أنّه يصبح من الضروري التوسّع في هذه الابحاث إلى كلّ الشرق الأدنى الذي أخذ عنه الإغريق بعض الأمور.

لقد أشار المؤرّخ ايمار Aymard، منذ سنوات، إلى التأخّر في الفن العسكري، إن في مجال الهجوم أو الدفاع عن المواقع. «فقط انطلاقاً من بداية القرن الرابع ق. م، بدأت عمليّة تطوّر حقيقية، وبقيت بطيئة حتّى انتصارات فيليب المقدوني وابنه الاسكندر الملفتة للنظر.» أوّلاً كانت تقنيات الحصار والآلات الحربية بدائية تماماً، وإن كانت تستعمل تلك الآلات التي تشير إليها مصادرنا؛ من المحتمل أن لا تكون أكثر من منجنيقات. إنّ عدم يقين المؤرّخ يعود غالباً إلى شك في اللغة والمفردات، وقد سبق أن صادفنا هذا الأمر.

الأسماء التي وصلتنا من الفترة قبل القرن الرابع ق. م قليلة، قليلة جدّاً. نذكر ماندروكليس Mandroklès الذي أقام، من أجل جيوش داريوس (485/522 ق. م)، جسر قوارب في مضيق البوسفور «محقّقاً ما كان يرمي إليه الملك داريوس». وكان هذا الأخير سعيداً إلى درجة أنّه طلب وضع لوحة للعملية ذات أبعاد كبيرة. ماندروكليس كان من ساموس.

قد نرغب في التعرّف أكثر إلى أرتيمون الكلازوميني (نحو 469 / نحو 429 ق. م) وكان «مهندساً» وصانع آلات، وقد عرض معرفته أمام حاكم ساموس (429/430 ق. م). ذكر ديودورس الصقلّي: «استعمل بيريكليس أولى الآلات المعروفة باسم منجنيق أو قفعة، والمبنية حسب تصاميم أرتيمون الكلازوميني.» لقد أعجب رجل الدولة، كما قال بلوتارك Plutarque، بحداثة تلك الآلات التي لم تُستعمل ربّما على نطاق واسع. لكن لنسمع بلوتارك عن ترجمة فرنسية للعالم الإنساني أميو Amyot الذي يترجم ربّما أفضل من علماء الفترة الهلينية الجدد لغة لم تكن بعد متكيّفة مع تقنيات حديثة.

كتب المؤرّخ إيفوروس Ephorus أنّهُ للمرة الأولى آنذاك بدأ استعمال آليات ضرب لدك

الأسوار الكبيرة وأنّ بيريكليس وجد هذا الابتكار رائعاً؛ لأنّ من قام باختراعها كان مهندساً كان يحمل على مقعد أينما ذهب، لإدارة وتحريك الأعمال، لأنّه كان فاقداً إحدى ساقيه ولهذا السبب سُمّي بيريفوريتوس Periphoretos.

ويتابع بلوتارك كلامه عن ذلك المهندس، ضمن إطار لا يقترب من المديح:

كان يخاف من كلّ شيء إلى درجة جنونية تجعله يلزم بيته حيث كان يبقى جليساً، مع خادمين إلى جانبه، يحملان فوق رأسه ترساً كبيراً من النحاس، مخافة أن يقع شيء عليه.

ونرى مخترع آلات الحرب المسكين ميتاً من الخوف، لكن قد يكون بلوتارك بالغ في روايته، إلاّ إذا كان أرتيمون الكلازوميني فعلاً ضحية تأنيب ضمير بسبب اختراعاته القاتلة ممّا جعله عرضة لمشاعر شبيهة بالتي نلتقيها اليوم عند بعض العلماء.

لقد أقرّ المؤرّخون دائماً، كما قال إيمار، بانقلاب حقيقي في مجال التقنيات العسكرية في اليونان، خلال القرن الرابع ق. م، حتّى قبل مجيء فيليب المقدوني. انقلاب في سلاح الجندي الراجل أي المشاة، وفي استخدام المرتزقة، طبعاً، ولكن أيضاً نمو وإتقان في التحصينات خلال هذا النصف الأوّل من القرن الرابع ق. م. لقد رفعت المدن أسوارها، بنتها من حجر وحفرت الخنادق لإبعاد الآلات ممّا يدل على أنّ هذه الأخيرة أصبحت أقوى وأكبر، كما وضعت التحصينات الداعمة، عبر نتوءات وتراجعات، وكثرت الأبراج.

إذن لقد بعثت قدرة المدفعية الجديدة، وسنلتقي بهذه الظاهرة مراراً، على تطوّر في التحصين. من الممكن أن تكون عبقرية الإغريق الميكانيكية تطوّرت في تلك الفترة، وقد يكون الفن العسكري، خاصّة في ما يتعلّق بالآليات، قد استفاد من بعض أعمال يتّحد فيها البحث النظري والبحث التطبيقي. ونلتقي من جديد بأرخيتاس التارنتي، الذي ولد نحو العام 430 ق. م، ومات في حادث غرق على سواحل أبوليا Apulie نحو العام 348 ق. م. لقد كان شخصية كبيرة، في الوقت نفسه رجل علم ورجل دولة، ولم يهمل التقنيات. كان تلميذاً عند فيلولاوس Philolaüs، أحد أعضاء المدرسة الفيثاغورية، وألّف عدّة أعمال لم يبق منها سوى أجزاء صغيرة. اهتمّ بالرياضيات وبالفيزياء وكان عالماً يساوي ديموكريتس أو فيثاغورس، إن لم يكن أكبر.

بالإضافة إلى هذا قدّم أرخيتاس، كما رأينا، على أنّه مخترع، وإليه نسب اللولب، النقّارة والطائرة الورقية، وصنع يمامة طائرة تكلّم عنها العصر القديم كلّه. أمّا فيتريفيوس فيذكر أن أرخيتاس كتب في الميكانيك التطبيقي. «كان أرخيتاس، الذي تميّز في صناعة الآلات، يريد أن يقود الهندسة والتصوّر العلمي النظري للاستفادة منهما في ميادين الحياة، وقد قام بمختلف التطبيقات الممكنة عليهما.» ويحدّثنا عنه أيضاً بلوتارك بواسطة أميو:

كان أرخيتاس وأودكسوس Eudoxus أوّل من دفع إلى الأمام فنّ الإختراع ووضع الآليات الذي يسمّى ميكانيك والذي يحبه ويعجب به الكثيرون، من ناحية لإضفاء مسحة بهجة وجمال على علم الهندسة ومن ناحية أخرى لدعم بعض النظريات الهندسية بواسطة أمثلة عن الأدوات المادية والملموسة، بعد أن صعبت برهنتها نظرياً.

إذا اعتبرنا بلوتارك مصوّراً جيّداً للشخصيات، نرى أكثر من نقطة مهمّة في هذا المقطع القصير؛ القول أنّ أرخيتاس كان مخترعاً خصباً في الميكانيك أمر قالت به كلّ الشهادات، وإن لم يذكره أبداً ميكانيكيو مدرسة الاسكندرية بين من يستندون إليهم. ولكن خاصّة، نحن نلمس هنا العلاقة بين العلم والتقنية التي سبق أن لمحنا إليها، فالهندسة كما علم الحساب يخدمان التقني، ومن ناحيته، يهبّ هذا الأخير لمساعدة العالم لجعل بعض الحلول ملموسة بعد أن صعب الوصول إليها بالتفكير النظري: وهنا تأتي ضرورة استعمال الآلات. وسوف نعود إلى هذا الميكانيك «الذي طالما أحبّه وأعجب به الكثيرون»، ممّا يناقض بعض الآراء.

وأكثر ما يبدو دور أرخيتاس أساسياً، إن أصبنا في حكمنا، في ظهور ميكانيك تطبيقي أكثر عقلانية، لا بديل عن المرحلة التي يمثّلها ولن نأسف أبداً كأسفنا على عدم معرفتنا الحقيقية بإنجازاته. لكن لنشر، كي لا نميّز كثيراً مخترعاً ربّما نبالغ باهتمامنا به للتعويض عن جهلنا بأعماله، أنّ تلك الفترة، أي نهاية القرن الخامس وبداية القرن الرابع ق. م، شهدت منعطفاً مهمّاً نحو تشكّل تقنيات أرفع مستوى، مدفوعة أكثر، وعقلانية أكثر إن لم نرد القول علمية أكثر. ولم يطل بنا الانتظار حتى رأينا نتائج ذلك التطوّر.

فقد رأينا بالفعل، في النصف الأوّل من القرن الرابع ق. م، انطلاقة مهمّة لفنّ الحصار الإغريقي؛ بعد ذلك أصبحت التقنيات مبنية جيّداً ضمن نظام إن لم يكن يسمح بوضع نظرية معيّنة فقد سمح بوضع بيانات كاملة هي أوّل ما نملكه من مقالات تقنية. لكن للأسف ما تزال مصادرنا مشحّة ورقيقة.

في ذلك الوقت، لا شك في أنّ الإغريق أخذوا قسماً من آليتهم الحربية عن شعوب أخرى، وقد كان الشرقيون قد أصبحوا معلّمين في مجال الحصار. وينسب كزينوفون إلى بطله اهتماماً بالغاً بالآلات، ولم يستعملها، المعدّة لدكّ أسوار بابل. هل كان هذا عبارة عن تجربة شخصية، في ذلك النصف الأوّل من القرن الرابع ق. م؟ أم أنّه تطوّر بطيء ولكن أكيد كان يحصل في اليونان؟ على أيّ حال هناك نقيشات أشورية، قديمة جدّاً كما رأينا، تُظهر لنا منجنيقات مرفوعة على نوع من أبراج تدور.

إنّ أوّل من امتلك مجموعة كبيرة من آلات الحصار كانوا القرطاجيون، ولحصار

مدينة سالينوس Sélinonte في صقليّة، حملوا وركبوا من هذه الآلات عدداً هائلاً، ويقول ديودورس: «كانت الأبراج أعلى من أيّ أبراج عُرفت إلى ذلك الحين، ووجّهت نحو الأسوار منجنيقات حديدية الرأس اصطحبوها معهم.» كل هذا العتاد أرعب سكّان سالينوس بالفعل ووقعت الأسوار تحت وطأة الآلات.

وهناك روايات حيّة جدّاً تظهر لنا الاستعدادات التي قام بها، بعد سنوات من ذلك الوقت، الطاغية دنيس Denys وحلفاؤه ضدّ القرطاجيين. وقتها فُهمت دون شك أهمّية الآلات الحربية وجرت المحاولات لتحسين صناعتها ومضاعفة عددها. لصنع أسلحته وعتاده عام 399 ق. م استدعى دنيس عمّالاً أتوا من مختلف المدن الواقعة تحت سيطرته، ولكن أيضاً من إيطاليا، من اليونان وحتّى من البلدان القرطاجية وقد جذبهم راتب مرتفع بالإضافة إلى مكافآت قيّمة. نشير أيضاً إلى عقلانية تلك الصناعة: فقد اعتمد في الواقع العديد من النماذج كي تجد كلّ المجموعات التي استؤجرت للقتال أسلحة موطنها الأصلي في هذه الترسانة. أكثر من هذا وضعت المكافآت المناسبة أيضاً للحثّ على الاختراع، وقد زعم ديودورس واليان Elien أنّ عرّادة ولدت بهذا الشكل، لكن بليني نقض هذا القول فيما بعد، ويقول ديودورس أنه في تلك المناسبة أيضاً تمّ إنشاء السفن رباعية المجاذيف. إذن يمكننا الافتراض أن ذلك العتاد الضخم صنع بواسطة المقارنات والمقابلات المفيدة بين كلّ الأنواع التي تحقّقت قبله.

لقد نقلت كل هذه الترسانة ضدّ مدينة موتي Motye، ومن المهمّ أن نشير إلى أنّ دنيس، عندما وصل إلى المدينة العدوّة، تفحّص دفاعاتها وحصونها «مع مهندسيه المعماريين»، إذن لم يعد الحصار فقط مسألة شجاعة وتحفّز وهجوم، بل أصبح أيضاً عملاً تقنياً. لقد رُفعت الآلات في الوقت نفسه ضدّ القلعة وضد اسطول محتمل قد يأتي للمساعدة. وعندما أتى هذا الأسطول، بقياد إيميلكون Imilcon ، وجّهت عليه العرّادات، أسلحة القذف الجديدة هذه التي ابتكرت حديثاً «والتي كانت تعمل حينئذٍ للمرّة الأولى»؛ فزرعت الذعر والهلع؛ لقد أبعدت المدافعين عن السور الذي دكّ عندئذٍ بالمنجنيقات. في أمكنة أخرى كان يُعمل على أبراج متحرّكة، من الخشب، من ستّة طوابق، محمولة على عجلات ومزوّدة بجسور متحرّكة تستند إلى الجدران.

إذن كانت هذه المرّة الأولى التي يتمّ فيها حصار حديث، مع عتاد ضخم، مهمّ ومستعمل عقلانياً. لقد ولدت فعلاً تقنية حديثة ولم يستغرب بعد حين ظهور المقالة الأولى عن فنّ الحصار.

كان إينياس Aeneas يعيش في ظلّ حكم فيليب المقدوني، وحسب أقوال بوليبوس

Polybe وسويداس Suidas وحتّى نصوص إينياس نفسه، وضع هذا الكاتب عدداً من المؤلّفات العسكرية: عن إشارات بواسطة النار؛ عن مناورات حربية؛ عن استعدادات للحرب؛ عن الميزانيات الحربية؛ عن فنّ العسكرة.

من أعماله لم نعد نملك سوى المقالة عن الدفاع عن الأماكن، لا بل المختصر عنها الذي وضعه، حسب أقوال إليان، بعد عدد من السنوات سينياس Cynéas التسالي، وكان جنرالاً ومؤتمناً عند بيرّوس Pyrrhus، امبراطور ابيروس. ويبدو أنّه لا شكّ حول العصر الذي عاش فيه إينياس، فمن خلال أحدث فترة واردة في مؤلّفه ولعدم الإشارة إلى الحرب المقدّسة الثالثة أو حملات فيليب، يمكننا تأريخ الكتاب بين العامين 380 ق. م و 360 ق. م، إذن في النصف الأوّل من القرن الرابع ق. م. لكنّ لا شيء يؤكّد أنّ أيّ مؤلّف لم يسبقه، نشير فقط إلى أنّ من تبعه لا يذكر سواه ويبدو أنّه معتبر كأوّل كاتب عسكري عرف.

في هذا المؤلّف حول الدفاع عن الأماكن، نجد الإشارات إلى الآلات قليلة جدّاً؛ قد يكون إينياس قد تكلّم عنها مطوّلاً في الكتاب الذي وضعه حول الاستعدادات للحرب، أو في مقالة خاصة لم يبق لنا شيء منها. كما أنّ المؤلّف الذي بحوزتنا لا يتناول الحصون والدفاع التي كانت موضوع كتاب آخر خاص اختفى أيضاً. إنّ ما بقي فقط، في الكتاب الذي وصل إلينا، إشارات حول المواد الملهبة، المصنوعة من القطران، الكبريت، المشاقة وحبوب البخور، وحول طرق الحماية منها، خاصّة بفضل الخلّ الذي كان يعطيه القدماء قيمة كبيرة بهذا الصدد.

لقد تلاءم تحرير هذا الكتاب جيّداً مع ذوق معاصريه بالنسبة للتفكير والأدب التعليمي المكرّسين للموضوع العسكري واللذين تشهد عليهما عدّة أعمال من كزينوفون. لكنّ معرفتنا بذلك الكاتب الأوّل هي ضعيفة حتماً، إذ أنّنا نجهل كل شيء حول أصله وحياته؛ هل كان مجرّد محرّر، هل شارك بحملات عسكرية؟ ليس بإمكان أحد أن يجيب.

قد يكون من الممكن بأي حال أنّه شعر بحاجة إلى عقلنة جديدة للقواعد والتقنيات العسكرية بعد كلّ الاختراعات التي، من أرتيمون الكلازوميني إلى القرطاجيين وإلى مهندسي دنيس، أحدثت انقلاباً في فنّ الحرب. إذن منذ الثلث الأوّل من القرن الرابع ق. م، كان الإغريق يمتلكون آلية حربية جديدة وكاملة نسبياً، لا تنتظر سوى الإتقان والتحسين. بالمقابل كان من الضروري ولادة فن جديد في التحصين، نشعر به بعض الشيء في كلّ إنجازات ذلك العصر. بالمقابل وجد مهندسون، بمعنى مستعملي الأجهزة، ومعماريون كان يقدّم لهم الحكّام، طغاة وملوك، الثروات لاجتذابهم. أوّلهم كان أرتيمون الكلازوميني، وليس لدينا أسماء الذين خدموا دنيس الأوّل، ولكن من الممكن أن تكون هذه الشخصيات قد طافت

في أرجاء العالم الإغريقي وتعلّمت مهنها لدى القدماء.

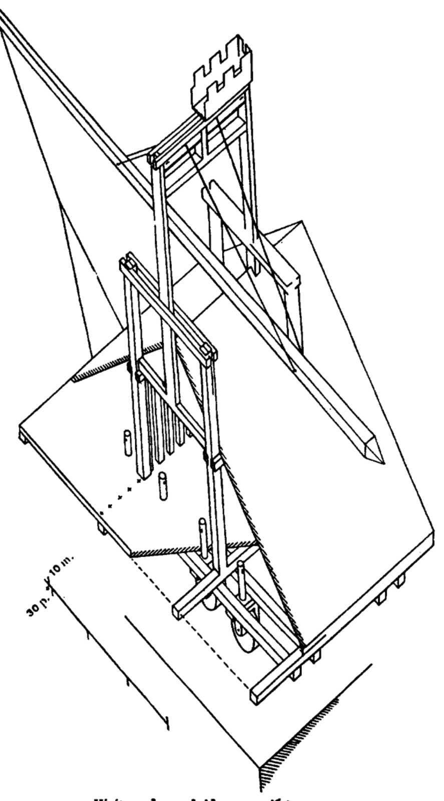
ثمّ أتت حملات فيليب والاسكندر وسمحت بتطوير وتثبيت كلّ هذه الآلية الحديثة جزئياً والتي أشار إليها المؤرّخون. أكثر من هذا، تشكلت بعض المدارس ورأى المهندسون أنفسهم محاطين بالطلاّب الذين كانوا يتنافسون على اكتساب ما يعطيه المعلّم ويحسمون بنجاحاته.

كان بوليدوس Polyidos التسالي المهندس لدى فيليب المقدوني، يقول عنه خلفاؤه أنّه رجل موهوب، وتشهد على ذلك انتصارات ملكه؛ لقد قام بشكل خاص بضبط تطبيقات المنجنيق الذي استعمله في حصار بيزنطية بنجاح كبير. يذكره أثينيه Athénée وفيتريفيوس لهذا السبب ويغدقان عليه بالمديح.

معلوماتنا أوفر فيما يخصّ تلميذيه ديادس Diadès وشارياس Charias، اللذين كانا مهندسي الاسكندر الأكبر، وقد تعلّما مهنتهما على يد بوليدوس. أثينيه، في القرن الأوّل ق. م، كان ما يزال يعرف المقالة عن الآلات الحربية التي وضعها ديادس ولم تصل إلينا. في هذه المقالة، يقدّم ديادس نفسه على أنّه مخترع الأبراج النقّالة والأجهزة المعروفة تحت أسماء المحجاج، الطنف وزورق العبور. كذلك استعمل المنجنيق المركّب على عجلات؛ أو على الأقلّ أعطى وصفاً له. فقط عبر أثينيه، الذي اكتفى باختصار ما كتبه سابقه، حصلنا على كلّ ما نعرفه عن آلات ديادس.

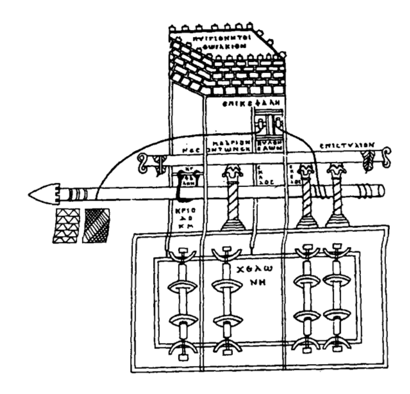
كان يعطي للأبراج الدوّارة الصغيرة ارتفاعاً من 60 ذراعاً (27,72 م) وقاعدة مربّعة يبلغ ضلعها 17 ذراعاً (7,90 م)، وكانت مؤلّفة من عشرة طوابق يقتصر أعلاها على مربّع تبلغ مساحته خِمس مساحة القاعدة. الأبراج الأخرى التي كان يبلغ ارتفاعها 90 ذراعاً (41,60 م) كانت تتألّف من خمسة عشر طابقاً، وأخيراً كنّا نجد أبراجاً أعلى بارتفاع 124 ذراعاً، أي 57,30 م، مؤلّفة من عشرين طابقاً مع ضلع قاعدة يبلغ طوله 23 ذراعاً ونصف، أي 10,86 م. على هذه الابراج، كل طابق كان يحاط بطريق دائري من 3 اذرع بعرض (0.30) م حتى تسهل وصول النجدة بحالة الحوادث الطارئة. كانت هذه الأبراج ترفع فوق ست أو ثماني عجلات، نظراً لوزنها وحجمها، وكان الفرق بين الطوابق يصغر كلّما تقدّمنا نحو الأعلى، كلّما صغرت الأبعاد. وكان يُعتنى بالاحتفاظ بنفس نسب وأبعاد المواد في الأبراج مختلفة الارتفاع.

نفس الشيء بالنسبة للقفعة التي تحمل المنجنيق (شكل 12 و 13)؛ كان يبلغ عرض الكبيرة 30 ذراعاً (13,86 م) وطولها 40 ذراعاً (18,48 م)، مع ارتفاع 13 ذراعاً (6,00 م)، والرأس الذي كان يصل حتّى 16 ذراعاً (7,39 م). وكان ديادس يرفع فوق الأرضية بريجاً من ثلاثة طوابق، يحمل عرّادة في أعلاه، وفي أسفله احتياطاً من الماء يستخدم في حال الحريق.



شكل 12. ـــ قفصة هيجيتور Hégétor.

(عن شوازي، Vitruve، باريس، 1905.)



شكل 13. ــ تصميم ورفع قفعة هيجيتور

(عن مخطوطة يونانية من القرن العاشر).

كان المحجاج يتضمّن قفعة مشابهة؛ كان يوضع على القاعدة قنال، شبيه بالعرّادات ومزوّد، كما في تلك الأجهزة، بخنزيرة عرضانية. تُثبّت عند طرف القنال الثاني بكرتان تقذفان إلى الأمام العارضة الحديدية، وتعود هذه العارضة إلى الخلف بواسطة رافعة رحوية. «مع آلة منفّذة بعناية كهذه، كان يضيف أثينيه، بإمكان المهندس أن يبلغ المجد.».

ونلاحظ عند مهندس الإسكندر هذا غنى مميّزاً في رحبة عتاد وآلات الجيوش المقدونية. ويُقال أنّ دياديس ابتكر أيضاً آلات حربية للمعارك البحرية، لكن ليس لدينا أيّ فكرة أكيدة حول هذا الموضوع.

تظهر لنا أقوال المؤرّخين كلّ هذا العتاد أثناء العمل ونعرف مدى الإعجاب الذي بعثت إليه مهارة جيوش الاسكندر في الاستيلاء على المدن، ونذكر بصورة خاصّة حصاري بيرينثيا Périnthe وصور الشهيرين. لكن ينبغي الاعتراف بأنّ هذه الانتصارات كانت تعود إلى استعمال الآلات على نطاق واسع، ولكن أيضاً إلى عنف الهجوم المتواصل.

عند نهاية القرن الرابع ق. م، تكاثرت أسماء المهندسين؛ نذكر ابيماخوس Epimachos الأثيني، الذي كان المهندس لدى قريب الاسكندر، ديمتريوس بوليورسيت (المحاصر). عند حصار رودس تصوّر هذا المهندس ما سمّي ببرج الحصار، وهو عبارة عن

آلة بلغ ارتفاعها 83 ذراعاً (41,58 م) وعرضها 50 (23 م)، تقذف حجراً بوزن 3 تالان (78,53 كلغ) وقد زرعت الخوف وساهمت في نجاح ملك مقدونيا. لقد تكلّم عنه خلفاؤه مطوّلاً وتمّ وصف الآلة من مقالة إلى مقالة.

أمّا فيلون الأثيني فقد عاش عند نهاية القرن الرابع ق. م، وذكر ڤيتروڤيوس أنّه قد عمل في معبد سيريس Cérès وبروسربين Proserpine في إيلوزيس. وقد كتب من ناحية أخرى حول النسب في بناء الهياكل، وإليه تُنسب ترسانة بيرايوس، وقد دمّرها سيلاّ Sylla فيما بعد، التي كتب عنها مقالة كانت موجودة في عهد ڤيتروڤيوس. أمّا بلوتارك فقد تكلّم عن هذه الترسانة كعمل حظي بإعجاب الجميع، وقد حفظ وصف لها محفوراً على بلاطة من الرخام. الأعمال نفذّت بين العامين 346 ق. م و 328 ق. م، وهي كانت في الوقت نفسه عبارة عن منتزه عام وعن ترسانة، واقعة بين الساحة العامّة وأمكنة وضع السفن. كان داخلها مستطيلاً بشكل سرداب ومقسماً إلى ثلاثة أجنحة بواسطة صفّين من الدعامات، وكان الجناح المركزي مخصّصاً للمتنزّهين. فُتحت كوّات في أعلى الجدران وبابان واسعان عند الأطراف؛ كانت الجدران مرفوعة دون أساسات، طبقات من الحجر دون ملاط، تمسكها قطع حديدية مختومة بالرصاص أمّا الهيكل أو الصقالة فكانت تتضمّن روافد خشبية رابطة: وكانت فكرة الثبيتة غائبة. لقد كانت عبارة عن تكديس من أخشاب يستند بعضها على البعض الآخر حيث كانت الأثقال تؤثّر عامودياً. وكان المبنى يُستخدم كمخبأ للعتاد البحري وللآلات الحربية.

كذلك كتب فيلون الأثيني مقالة عن فنّ الحصار، وكتابا فيلون البيزنطي الرابع والخامس ليسا أكثر من ملخّص أو اقتباس عنها. وفيلون الأثيني نفسه استند إلى إينياس وأضاف إلى الفنّ العسكري العناصر التي قدّمتها حملات فيليب والاسكندر.

ونعود إلى أثينيه الذي يذكر أيضاً، في نفس الوقت مع إبيماخوس، الملك بيرّوس، ملك إبيروس، الذي كتب فعلاً في فن الحصار وقدّم توجيهات بخصوص فن الكمائن والألغام.

هكذا يرتسم، شيئاً فشيئاً، تراث كتّاب تناقلوا، من جيل إلى جيل، الاكتشافات والتحسينات، التي تحقّقت بشكل خاص في القرن الرابع ق. م؛ لقد تشكّلت مدوّنة من المؤلّفات التقنية، قبل أن تتعهّد مدرسة الاسكندرية هذا العلم وتنظّمه. إن جزءاً كبيراً من هذه الكتابات لم يصلنا، لكن ڤيتروڤيوس، في القرن الأوّل ق. م، كان ما يزال يعرفها ولقد استعان بها على درجة واسعة، وهذا ما سمح لنا بتمييز تطوّر حدث بسرعة أكبر خلال القرن الرابع ق. م. وتجدر الإشارة إلى هذا المجهود في التأليف والتركيب، وفي ابتكار شكل تعليمي

لمعرفة تقنية كانت تطال الكثير من الميادين. إن ظهور هذا الأدب التقني هو حدث مهمّ للغاية.

هؤلاء المؤلّفون هم بالطبع مشحّون أكثر فيما يخصّ التقنيات الأخرى. في الواقع، سرعان ما بدأت اليونان تهتمّ بأعمال كبيرة تُكتشَف من خلالها كلّ مزايا وكلّ علم المهندس، وفي كثير من الحالات لا يكون الأمر مجرّد عمل مقاول: فالاهتمام بتطبيق العلم يبدو واضحاً، لا بل أساسياً.

أمّا حالة هيبوداموس Hippodamos، الذي كان يعيش في النصف الثاني من القرن الخامس ق. م، فهي غير أكيدة. ذكر بعض المؤلّفين القدماء أنّه أحدث انقلاباً حقيقياً عبر بنائه العديد من المدن الكبيرة، حسب تصميم منتظم، مع شوارع عريضة تتقاطع بزوايا مستقيمة: بيرايوس، توري Thurii عام 443 ق. م، رودس عام 407/408 ق. م. ربّما كان لهذا العالم المديني تأثير كبير، كما يشير أرسطو إلى براعته في العلوم الطبيعية.

في الواقع، لقد عرف الإيونيون قبل هيبوداموس، مدناً ذات تصاميم منتظمة، خاصّة المستعمرات، أو بعض مستعمرات ميليتوس Milet. من ناحية أخرى، أعيد تصميم ميليتوس عام 479 ق. م، بعد هدم قسم من المدينة، تبعاً لتصميم منتظم. وعندما رسم ميتون الأرسطفاني مدينته نيفيلو ـ كوكسيجي Nephélococcygie، رسمها حسب تصميم منتظم تماماً. على أيّ حال، يشكّ المؤرّخون الحديثون بكون هيبّوداموس أنجز في الوقت نفسه بيرايوس Pirée، المبنية عام 479 ق. م ورودس. وقد يكون هيبّوداموس ولد في ميليتوس نحو 500 ق. م وأتى إلى أثينا في ظلّ حكم تيميستوكليس Thémistocle، ومن الصعب تحديد أعماله على وجه الدقّة. لكن هيبّوداموس، أو آخرين، أظهروا، عند بداية القرن الخامس ق. م، مدناً ذات تصاميم منتظمة، إمّا دائرية، إما مربّعة أو مستطيلة.

أمّا هيرودوتس فقد تناول الساموسيين لأنّنا كنّا نجد عندهم أشهر ثلاثة أعمال في العصر القديم. أوّلاً كان هناك المعبد الذي بناه رويكوس Rhoicos، إبن فيليس Philes، من ساموس، الانجاز الثاني كان الرصيف الحاجز الذي بني في البحر كي يحمي المرفأ وقد أقيم في مكان عميق وبلغ طوله غلوتين. وأخيراً كان هناك النفق الذي سمح بجرّ المياه إلى ساموس، وقد نفّذ في القرن الرابع ق. م تحت إشراف أوباليوس Eupalinos، إبن نوستروفوس Naustrophus، المولود في ميغاريس Mégare. كان يبلغ طول المجرى، المدفون تحت الأرض، 835 م وطول النفق الذي يجعله يجتاز عارضاً أرضياً 1100 م. كان هناك عشرون بئراً عامودياً تصل إليه للقيام بالتنظيفات، أمّا الارتفاع والعرض فكانا يبلغان ثماني أقدام. وكانت قناة البحر، التي بلغ عمقها عشرين ذراعاً وعرضها ثلاث أقدام، موجودة

بمحاذاة أحد الجوانب؛ أمّا الخندق الصغير فكان مصنوعاً من الطين النضج. من الجهة الثانية كان يوجد درب يستوعب مرور إنسان، والكلّ كان مبنياً ومعقوداً. إنّ تحقيق عمل كهذا كان يستلزم معلومات كثيرة: وهناك بعض نقاط ضعف تظهر أنّ التقنية، أو التقنيات المعتمدة، لم تكن كاملة. لقد تمّ الشقّ في آن واحد من الجهتين الطرفيتين، كان هناك إذن عملية تمهيد للمستوى بواسطة طرق نجدها معروضة لاحقاً لدى هارون الاسكندراني. مع هذا ارتكبت بعض الأخطاء واضطر، على بعد 425 م من المخرج الجنوبي، إلى تحويل سير النفق الذي كان يُراد له أن يكون مستقيماً. ثمّ أنّ الانحدار كان خفيفاً، خفيفاً جدّاً لدرجة أنّه كان غير كاف أيضاً، بالتالي وجب حفر قاع النفق أعمق فأعمق كلّما ابتعدنا عن المخرج الشمالي. بعد النفق كان يوجد أربعمائة متر من الأقنية المدفونة في الأرض والتي تصل بالمدينة. رغم النواقص، التي أصلحت فيما بعد، يمثّل نفق ساموس عملاً مهمّاً، استلزم تقنيات متطوّرة جدّاً آنذاك.

تقنيات القنوات المائية كانت أبسط، وأقدم أيضاً. نشير إلى أنّ قناة بيزيستراتوس Pisistrate نُفّذت في أثينا في القرن الرابع ق. م، وكانت تمتدّ على فرعين من هيميتوس L'Hymette حتّى مسرح هيرودس أتّيكوس. كانت الماء تجري فيها بانتظام وبسهولة، وجُعِلت فيها فتحات كلّ ثلاثين إلى أربعين متراً.

صَنّف أفلاطون تاليس الميليتوسي بين الرجال «الموهوبين جدّاً في فنون الميكانيك»، وقيل عنه، كما نقل هيرودوتس، أنّه حوّل، عام 558 ق. م، مجرى نهر هاليس Halys، كي يسمح لجيش كريزوس Crésus بعبوره، وربّما جعله ممكن العبور على الأقلّ بحفر قناة تحويل للمياه. وهناك الكثير من الشكوك حول أصل السحّارة (انبوب لري الأرض)، أوّل مثل نعرفه هو قناة ليسيا Lycie إلاّ أنّ تاريخها هو للأسف غير معروف تماماً. وأهمّ سحّارة هي سحّارة بيرغاموم التي نفذّت في القرن الثاني ق. م، وكان طرفاها يقعان على عمق 375 م و 332 م، ولكن كان يجب أن تجتاز واديين على ارتفاع 172 م و 195 م، أمّا الضغطان، أسفل السحّارة، فكانا يبلغان 20 و 17 جوّية. وكانت المجاري من البرونز أو الرصاص، لأنّ الطين النضج لا يتحمّل ضغطاً بهذا المقدار. ويمكن ذكر من الأمثلة، جميعها تظهر أنّ الإغريق أتقنوا هذا المجال اتقاناً ممتازاً.

لا يكفي أبداً القول أنّ التقنية الإغريقية واجهت بعض العوائق، لا سيّما حيث أنّ هذا القول قد يبعث على التفكير بأنّ مساهمة الإغريق التقنية كانت ضعيفة نسبياً. كان من الضروري وضع تقييم أو موازنة نعرف بعدها فقط لماذا لم تعرف التقنيات الإغريقية تطوّرات أخرى. هنا نحن في بداية القرن الثالث ق. م، وسوف نرى بعد قليل أنّ الإغريق نفسهم هم

من حاول وضع هذا التقييم مع مدرسة الاسكندرية. هل كان من الممكن متابعة مجهود التصوّر التقني؟ كان آنذاك وقت تفجّر امبراطورية الاسكندر وظهور أولى المؤسّسات الرومانية. إذن لم تكن الظروف السياسية ملائمة تماماً، ولكن، بعكس ما اعتقد وقال بعض المؤرّخين، لم يكن بإمكان العلم الإغريقي أن يقدّم للحضارة الهلّينية بأيّ شكل التقنيات التي فكّر بها هؤلاء المؤرّخون أنفسهم. سوف ندرس إذن، باختصار دائماً، هاتين المسألتين المهمّتين.

تقييم ووعود:

مدرسة الاسكندرية

عند نهاية القرن الرابع ق. م، تجمدّت التقنية الإغريقية بعض الشيء، في الوقت الذي اختفت فيه مؤسّسات العصر الكلاسيكي تحت وطأة الامبراطوريات الكبيرة الأولى. لكن في نفس الوقت يمكننا اعتبار أنّ الأسياد الجدد في العالم القديم، المولعين بالسلطة والمهتمّين بالفعالية، كانوا يعلّقون أهمّية كبيرة على امتلاك عالم مادّي، أو على الأقلّ العالم المادّي الذي بإمكانه أن يخدمهم. وقد رأينا الاهتمام الذي أبداه كلّ من فيليب والاسكندر. والعمل المدهش كان عمل البطالمة، في الإسكندرية، الذي يشبه نوعاً ما ومن عدّة نواح جهود الأمراء المطّلعين في عصر النهضة. وفي الواقع ينبغي الإشارة إلى هذا التقارب الخارق بين العلم والتقنية، متعاضدين كي يصلا إلى درجة إتقان أعلى إن لم يكن إلى تطوّر أكبر.

بطليموس سوتير الذي اعتلى عرش مصر عام 305 ق. م لم يكن مثقّفا كثيراً بالطبع، لكنّنا لا ندهش لرؤيته يرغب في أن يحمي ويجمع حوله أكبر العلماء وأكبر التقنيين في عصره. مرّة جديدة، نلتقي بأمثلة شبيهة في عصر النهضة. لقد تسبّب التوسّع الإغريقي نوعاً ما بتشتيت الجهود وبدا انعزال مختلف المدارس أنّه أثّر على سرعة التقدّم سلبياً، كان إذن من حسن الفطن والتدبير السياسي، بكل معنى الكلمة، أن يجمع في مكان واحد كلّ ما كان العالم الإغريقي يتضمنّه من رجالات وكتب. وعندما جاء بطليموس الفيلادلفي، عام 283 ق. م، كانت مدرسة الاسكندرية قد وصلت إلى أوج عزّها.

لقد بذل زينودوتس Zenodote أوّل رئيس للمكتبة، الكثير من الجهود؛ اشترى أشياء كثيرة من كلّ مكان، حتّى أنّه صادر الكتب التي كانت توجد على متن السفن، وذلك من أجل تجميع الأعمال المهمّة والشهيرة. وقد ازدادت المجموعات بسرعة، بفضل الأسعار المعتمدة واسم المكتبة، وباعها نيليه Nélée ما كان يحتفظ به من كتب لأرسطو وتيوفراستوس Théophraste. في عهد بطليموس إفرجيت (221/246 ق. م)، حسب أقوال

كاليماخوس، كانت المكتبة تحوي 000 400 لفّة أو مدرجة مختلطة، أي تتضمّن عدّة أعمال، و 000 90 لفّة غير مختلطة، وقد أقيمت مكتبة ملحقة في سيرابيوس Serapeus، تحتوي على 42800 لفّة. كان أعضاء المدرسة يجدون هناك تقريباً كلّ ما انتجته بلاد الإغريق.

كما أسّس ديمتريوس الفاليري، الذي كان قد أنشأ في أثينا المدرسة الأرسطوطاليسية، متحف الاسكندرية على نفس النسق. بالإضافة إلى المكتبة كان هناك منتزه، وصالة كبيرة للمأكل ومساكن، لكن كنّا نجد أيضاً، في عهد أحدث دون شك، صالات تشريح، ومراصد وحديقة للحيوان.

بالطبع نجهل ماذا كان يطلب بطليموس سوتير ممّن كان يستدعيهم أو الذين كانوا يقصدون باستمرار الكنوز المجموعة في الاسكندرية، لكن لا شك في أنّ الأمر كان عبارة عن اكتساب للمعلومات أكثر منه تصوّر وابتكار، وتقييم أكثر منه تطوّر. كان مؤسّسو مدرسة الاسكندرية يرغبون قبل كلّ شيء أن يجمعوا ما كان يُعرف، أي تكوين نوع من الموسوعة. وينبغي أن نركّز على نقطتين لا ندري ما إذا أخذتا بعين الاعتبار عند البداية؛ أوّلاً من حيث أنّه كان يتمّ وضع تقييم شامل، لم يكن المقصود فقط التجميع، بل أيضاً التنظيم أي وضع العلم ضمن نظام وهذا ما قد يكون نقطة انطلاق من أجل اكتشافات جديدة. أكثر من هذا، كانت تتم المواجهة بين معارف متنوّعة، فالأمر في الواقع لم يقتصر على العلوم الرفيعة، العلوم التي أصبحت بحتة، بل أدخلت أيضاً الأبحاث، وليس فقط الطب الذي رفعه إبوقراط إلى أسمى الدرجات، بل أيضاً التقنية، التقنيات التي كان لها، هي أيضاً، أنصارها المتحمّسون والتي وضعت فيها كما رأيناه المؤلّفات. وربّما لوحظ أنّ العلوم البحتة لم تكن بحتة إلى درجة ما يريد أن يقول إسمها، وأنّ التقنيات أصبحت معقلنة أكثر ممّا كان يُعتقد. لهذا من المهمّ أن نقدّم هنا، ولو بسرعة، نظرة شاملة.

كان اقليدس من أولئك العلماء الذين حاولوا وضع تقييم، والمفروض أنّه وصل إلى الاسكندرية حوالي العام 300 ق. م. لقد كان رياضياً وفيزيائياً، لكنّنا للأسف لا نملك سوى قسم من أعماله. بالإضافة إلى «العناصر» الذي أعطاه المجد، كتب ثلاثة كتب حول «المعطيات» (التعاريف)، كتابين عن «الأمكنة على السطح»، أربعة حول «المخروطيات»، حلّت مكانها مقالات أبولونيوس Apollonius، وكتاباً عن «الاستدلالات الزائفة» في الهندسة. في الفيزياء ندين له بعمل حول الظواهر الفلكية، وواحد حول البصريات، ولسنا أكيدين من كونه كتب في علم انعكاس الضوء، لكنّه أخيراً وضع عملاً في الميكانيك «De levi et ponderoso»، والناحية المهمّة في هذا الكتاب هو المحاولة لتعميم الهندسة.

وإذا كان إقليدس يتبع النظرية الفيتاغورية حول الأشعة المنبثقة عن العين، فإنّه لم يتعدّ نطاق الرسم الهندسي: بالفعل كان شعاعه الضوئي عبارة عن خطّ مستقيم. وأثناء دراسته التقى بأمور ربّما عرفها قبله التقنيون، أو استعملوها بأيّ حال: الظلال لقياس الارتفاعات، قواعد الانعكاس على المساحات المسطّحة وإمكانية إشعال النار بواسطة المرآة. وربّما استعمل طرقاً مشابهة فيما يتعلّق بالميكانيك.

كان ستراتون من لامبساكوس قد تابع في أثينا دروس تيوفراستوسThéophraste قبل أن يأتي إلى الاسكندرية حيث عهد إليه أمر تربية إبن بطليموس سوتير، أي الفيلادلفي. وصل إلى هناك نحو العام 299 ق. م؛ ثمّ ترك نحو 285 ق. م كي يخلف تيوفراستوس. في التقييم الذي وضعه حول الفيزياء في عصره، والذي لم يبق لنا منه سوى أجزاء صغيرة، يعطي ستراتون حصة كبيرة للاختبار، قاصداً أن يبني فيزياء وضعية أكثر، إذن أقرب من التقنيين، ولكن بما أنّه تعلّق بالضرورة بمسائل خاصّة، صعب أن تتشكّل فيزياؤه في نظام معيّن. أفكاره حول الجاذبية والفراغ مهمّة ولكن لم يكن بإمكانها أن تفسّر جيداً، وتقريباً بصفته تقنياً عرف تناسب الوزن مع الثقل النوعي، والتسارع المتزايد للحركات الطبيعية.

ربّما كان هيروفيلوس مؤسّس المدرسة الطبية في الاسكندرية، لكنّه يبدو لنا فعلاً ان مؤسّس علم التشريح ودراسة التركيب الداخلي في الجسم، الذي كتب فيه كتاباً، اختفى اليوم. وبدأت التجريبية تنتشر معه، لقد اهتمّ بالجهاز العرقي وببعض الأعضاء، ودرس الجهاز العصبي ووضع له مركزه في الدماغ، كما رسم الجهاز التنفّسي. لم يبحث عن التفسيرات العامّة ولا عن العلاقات المجرّدة؛ كما كان علاجه يعتمد بأكمله على الملاحظة المحسوسة.

أريستاركوس الساموسي كان تلميذاً عند ستراتون، لقد اهتمّ بالفيزياء، بمسألة الضوء، ولكن بصورة خاصّة بالفلك: إذ قام بملاحظة المدار الصيفي إمّا عام 281 ق. م إمّا 280 ق. م. كذلك كتب مقالة كرّسها لأبعاد ومسافات الشمس والقمر، احتُفِظ بها لحسن الحظّ، وطريقته هي هندسية بحتة قائمة على قياس الزوايا ومسألة من علم المثلّثات. لكن النتائج كانت مخيّبة بسبب الافتقار إلى الأدوات المناسبة. مواطنه كونون كان أيضاً فلكياً وعالم هندسة، كتب سبعة كتب عن الفلك وخاصة عن الخسوف والكسوف. ومات شابّاً فلم يعطِ كلّ طاقته.

إيراستوتينس Erastothène ينتمي إلى جيل المدرسة الثاني، ولد في سيرين Cyrène ومرّ بأثينا قبل أن يصل إلى الاسكندرية نحو العام 244 ق. م، هناك أصبح رئيس المكتبة. نجد بين أعماله اثنين أساسيين، الجغرافيا ومقالة عن القياسات، لم يبق منهما إلاّ أجزاء

صغيرة. وقد حاول أن يبني هندسة للفضاء: كان أريستاركوس قد حاول وضع الشمس كمركز للنظام، إيراستوتينس قال بكروية الأرض. وكي يقيس المسافة بين الأرض والقمر استعمل الطريقة الشهيرة عبر الربع الأوّل والأخير للقمر، وإذا نجح في الوصول إلى مسافة تقريبية بين الأرض والشمس فقد أخفق كثيراً فيما يتعلّق بالقمر.

الطبيب إيرازيستراتوس Erasistrate كان معاصر إيراستوتينس ويبدو أنّه عُرِف بصورة خاصّة لأعماله في الفيزيولوجيا وعلم التشريح المرضي، وقد أكمل أعمال هيروفيلوس حول الأعصاب والدماغ، كما اهتمّ بالقلب لكنّه تعثّر في الدورة الدموية.

إذن على مدى جيلين نرى العلم الاسكندراني يتضمّن عناصر مهمّة جدّاً. ويمكننا التصوّر، ويصعب هنا التحقّق من الفرضية لكن بامكاننا إجراء مواجهة مع واقع من عصر النهضة الذي نعرفه بصورة أفضل بكثير، أنّ بطليموس الأوّل، الذي كان محدود الثقافة، أراد أن يثبت اهتمامه بذلك العلم ورغبته فيه، لذلك أحاط ابنه بأفضل المعلّمين. ومن هنا كانت تلك الرغبة، النهمة نوعاً ما، بجمع أكبر العقول، وكلّ الكتب وكلّ العلم الذي عرفه عصرئذٍ العالم الإغريقي. ربّما أراد أيضاً أن لا تضيع الدراسات في مناقشات عقيمة ومجرّدة، ولذلك وُضِع تقييم، نتائج ملموسة، وتفسيرات أوضح ما يمكن وذلك من خلال العلم الوحيد آنذاك: الهندسة مسنودة بعلم الحساب: وهذا ما أراده في عصر النهضة أيضاً سفورزا Sforza، مونتيفلترو Montefeltro، ومالاتستا Malatesta. وهكذا بدأ تدريجياً اكتساب الملاحظة، الاختبار وكان ما يزال ملاحظة محرّكة وليس بنية علمية حقيقية: التقنية كانت عند طرف الطريق، وحاضرة مع كلّ هذه الأبحاث، ولا شك في أنّها كانت هي الأقرب إلى اهتمامات الحاكم.

ونرى هذا الأمر واضحاً في مسائل الميكانيك عند أرسطو المزيّف، التي تؤرّخ اليوم بحوالي العام 280 ق. م، والتي تتطابق مع ذهنية المدرسة. وإذا كنّا هنا بصدد مؤلّف نظري، فهو لم يهمل النواحي العملية. إنّه يفسّر كل مسائل الميكانيك بواسطة مبدأ الرافعة، الذي قد يكون اشتُقّ بدوره عن الدائرة. ونميّز فيه ما هو طبيعي وما هو من ابتكار وبناء الانسان والذي يسير عادةً بخلاف الطبيعة: مثلاً أن تحمل الرافعة وزناً معيّناً بواسطة وزن أصغر. إذا كان علم السكون مستقيماً نسبياً، فإنّ الديناميك أو علم القوى شاذ نوعاً ما. لقد أعاد هارون الاسكندراني تناول عدد كبير من هذه المسائل، وإلى جانبها نجد تجارب مادية تماماً، هكذا بالنسبة لنقل حمولات كبيرة على محادل أو عربات، بالنسبة لتجميعات البكر بهدف تصغير القوّة اللازمة لرفع وزن معيّن، أي البكّارة المعروفة منذ وقت طويل، وكذلك بالنسبة للملاقط. وكانت إحدى الطرق المفضّلة عند الميكانيكيين الاسكندرانيين أن لا يتناولوا المسائل

التقنية إلاّ بحيث يمكن إعطاؤها تفسيراً عملياً مطلقاً: إذن لم يكن من الممكن التحقّق سوى من وضعيات توازن وليس وضعيات حركة.

يمثّل أرخميدس مثال المدرسة التقني ـ العلمي النموذجي. عندما كان شابّاً، أقام في الاسكندرية حيث عاصر الجيل الثاني من المدرسة، واحتك بالعلماء الذين ذكرناهم لتوّنا، واستفاد من مادّة وثائقية استثنائية. لطالما أشير إلى العلاقات الوثيقة بين علمه والتقنيات؛ إنّ تآلفه مع قوانين علم السكون العملية هو ما جعله يسلّم بوجود مركز ثقل في كلّ جسم وازن. لقد عمد إلى بناء منطقي للقوانين انطلاقاً من أدنى كمّية من الفرضيات التي لا يمكن نقض أصلها التقني بجدّية؛ وكانت التقنية بحقّ ملهمته في أعماله النظرية. كذلك بالنسبة لنظرية الأجسام العائمة وهي أساس علم توازن الموائع وضغطها (الهيدروستاتيكا).

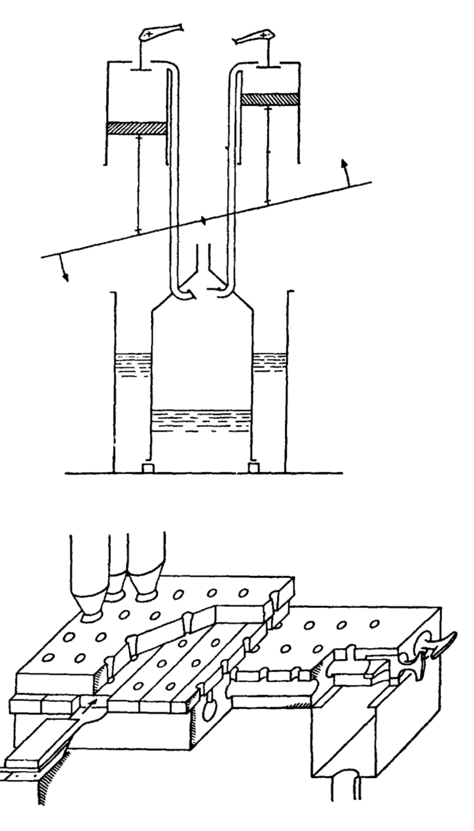
بالإضافة إلى كونه عالماً عبقرياً، نعرف أنّ أرخميدس اشتهر كذلك على أنّه تقني بارع، حتّى أنّ العصر القديم نفسه، وخاصة عصراً قديماً متأخّراً، نسب إليه عدداً كبيراً من الاختراعات. من خصائص العباقرة أن يجتذبوا كلّ شيء، بأيّ حال نلقى هذا الفضول التقني لدى كل تقنيّي المدرسة. ولا يبدو أنّ ارخميدس كتب حول هذه المواد التقنية، وهذا ما يُفسَّر، منذ بلوتارك، على أنّه ازدراء للأشياء المادّية لم يكن موجوداً بأيّ حال في ذهنية مدرسة الاسكندرية. إنّ قائمة أعمال أرخميدس التقنية التي وصلت إلينا ليست في الواقع طويلة، وتنقسم «اختراعات» أرخميدس إلى مجموعتين: الاختراعات التي تطال حصار سيراكيوس والاختراعات الأخرى. كانت القذّافات التي ترمي حجارة أو نبالاً معروفة في ذلك العصر، وقد كان مارسيلوس Marcellus يملك آلة ضخمة جدّاً بحيث يجب أن تجتمع ثماني سفن لحملها. ربّما كانت آلات أرخميدس أكبر ومنظّمة أكثر لأنّها كانت تقذف حجارة بوزن 10 تالان، أي حوالي 260 كلغ، ولم تكن مختلفة جذرياً عمّا كان يُستعمل آنذاك في أماكن أخرى. لقد رأينا أنّ إقليدس عرف المرايا الجامعة، ولكن هل كان من الممكن تحقيق ما وصفه إقليدس هندسياً مع وسائل الصقل التي كانت تُستخدم في ذلك العصر؟ أمّا في ما يخصّ التحصينات، اكتفى أرخميدس بفتح كوّات رمي وبتقوية النقاط المنخفضة من المدينة.

فيما يتعلّق بالباقي، كان اللولب المسمّى لولب أرخميدس مستعملاً في وادي النيل، البكّارات معروفة منذ وقت طويل وقد تناولها أرسطو المزيّف، كما عرف كتيسيبيوس Ctesibios المنافخ المائية. ربّما كانت أجهزة رفع السفن أصلية ومستحدثة أكثر: وقد طالت مسألة اهتمّ بها كلّ تقنيّي ذلك العصر.

بالطبع اهتمّ أرخميدس بالآلات، ومن الممكن أنّه استطاع بواسطة معارفه العلمية المتزايدة، أن يحسّن في بعضها، لا بل أن يرسم نظريّتها. وتعود بهذا الصدد إلى الأذهان كلمة بلوتارك: «ألعاب بسيطة في الهندسة»، هنا نلتقي بما سبق أن ذكرناه: امتداد العلم الوحيد المستقلّ، أو الذي أصبح مستقّلاً، إلى مجموعة العلم والتقنية. تحويل التقنية إلى تمرين في الهندسة هو أمنية تبدأ هنا ونجدها ونلتقيها حتّى عصر النهضة. للأسف، لا يكفي علما السكون والهندسة لتفسير كلّ شيء في الميكانيك، وبسبب الافتقار إلى الديناميك أي علم القوى، اضطر علماء وتقنيّو ذلك العصر إلى الحدّ من طموحاتهم. وإذا كان أرخميدس لم يكتب عن التقنيات، ألا يمكننا الاعتقاد، إذا سمح بلوتارك، أنّه كونه لم يخترع فعلاً شيئاً جديداً كلياً، فقد اعتبر الأعمال المعاصرة كافية؟ ونميل إلى التفكير بأرخميدس يعقلن التقنيات المعروفة، يصحّح بعض الأخطاء في التركيب أو الأبعاد ولكن خاصة متأملاً بالنتائج الحاصلة وباحثاً عن قوانين عامّة تحلّ مكان تجريبية مهزوزة.

إذن كانت مدرسة الاسكندرية تمثّل تقارب اهتمامات من جميع المستويات، ولم يكن الحسّ بالملاحظة الملموسة يتجنب التقنيات، بحصر المعنى، التي سبق أن كتب عنها بالطبع ولكن بصورة مشتّتة وناقصة، والتي كانت تتطلّب أيضاً وضع تقييم لها. لنقل على الفور أنّ جدول التقنيات الممثّلة في هذه التقييمات لم يكن طويلاً بما يكفي: لقد اهتمّ بصورة خاصّة بالتقنيات التي يمكن «هندستها»، بتقنيات الحرب، بالاختراعات الحديثة المتنوّعة وبما سمّي، بعبارة تحمل بعضاً من السخرية، الفيزياء المسلّية. والأعمال نفسها تترجم هذا البرنامج المحصور الذي لم يتناول بأيّ شكل الهندسة المعمارية، التقنيات الحرفية، البحرية والعديد من التقنيات الأخرى. ولكن هل نحن أكيدون من أنّنا نملك أدب ذلك العصر بكامله؟

عن من يُعتبر مؤسّس مدرسة الميكانيكيين الاسكندرانيين، كتيسيبيوس، لا نعرف سوى الشيء القليل: إذ لا نعرفه إلاّ من خلال إشارات من تبعه فوراً أو لاحقاً. ويذكره فيتروفيوس في كتابه الأوّل، مع أرخميدس، كأوّل مؤلّفين حقيقيين كتبا لتدريب وتأهيل المهندسين، ووضعه بين أكبر ميكانيكيي العصر القديم؛ في ذلك الوقت لم تكن كتاباته قد اختفت. وشخصيته غامضة نوعاً ما، كان ينتمي إلى النصف الأوّل من القرن الثالث ق. م: إذن عاصر أرخميدس، وكان من أصل متواضع، إبن حلاّق استقرّ في ضاحية من ضواحي الاسكندرية. ويُقال إنّه أبرز منذ صغره مواهب فذّة في علم الميكانيك، ويبدو أنّ كتاباته كانت مهمّة وكثيرة: لقد ضاعت بكليتها. نضطر إذن إلى الاقتصار على ذكر «الاختراعات» التي أسْنِدت إليه بشكل عام.



شكل 14. ـــ منافخ مائية (ارغن)

(عن شوازي.)

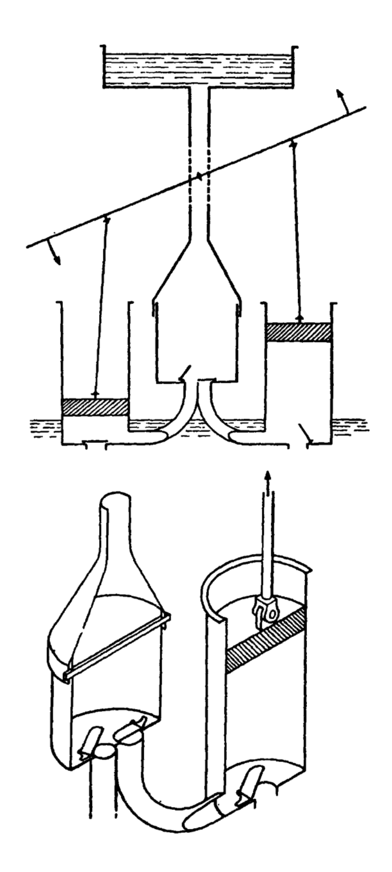
إلى كتيسيبيوس ندين بالأرغن أو المنفخ المائي، الذي وصفه لنا كلّ من فيلون البيزنطي، هارون وڤيتروڤيوس (شكل 14). إنّه أرغن مع طريقة نفخ يدوية، يوجد فيه خزّان من الماء تضبط وتطيل بضغطها جريان الهواء الذي أدخلته المنافخ في الجهاز. وهناك ثلاثة منافخ موضوعة على شكل مثلّث. يُخزّن الهواء اوّلاً في قرب ثم يسير في الجهاز من حيث يفلت، مع ضغط منتظم يعود إلى وجود الماء، كي يجتاز المزامير. ويعطينا فيلون وڤيتروڤيوس وصفاً جيّداً للمضخّة الرافعة والدافعة التي لا داعي لأن نقف كثيراً عندها لأنّها معروفة (شكل 15). حسب أقوال ڤيتروڤيوس، كانت المكابس مصقولة جيّداً وممسوحة بالزيت، لكنّنا لا نعرف شيئاً عن صناعة الاسطوانات التي كانت حتماً أصعب، وهذا النوع من الصعوبات هو الذي حال دون الانتشار يُقال أيضاً إنّ كتيسيبيوس اخترع الساعات المائية، ومبدؤها يُعتبر سهلاً، ويذكر فيلون آلة حربية نسبت أيضاً إلى كتيسيبيوس، أمّا أثينيه فيذكر عنه أنّه وضع آلة لاجتياز أسوار الأعداء: نوع من جذع كبير يدور على مبارم. أخيراً أشير إلى آلة صنعت من القلّز استبدل فيها حبل القذّافة بنابض معدني من المستحيل أن يكون من الفولاذ الذي قلّما كان معروفاً في ذلك العصر، وآلة أخرى تستخدم الهواء المضغوط وتُستعمل لمدّ النابض، لكنّها لم تُعتمد مباشرة، وكانت مؤلّفة من اسطوانات من القلّز مصنوعة بدقّة ومزوّدة بمكابس.

لا يبدو أن كتيسيبيوس راودته فكرة وضع تقييمات من النوع الذي ذكرنا. يمكننا القول، إذا أردنا أن نحكم من خلال ما نملكه من معلومات عنه، أنّه بكلّ بساطة حصر نشاطه بعرض لأفكار معيّنة، معدّة لإبراز أفعال وخصائص كانت تُلاحظ ذلك الحين، مثل مرونة الهواء، عدم إمكانية ضغط الماء، وما يمكن استخلاصه من أجل وضع بعض الآلات، حتّى وإن كانت هذه الآلات غير ممكنة التحقيق تقنياً. على أيّ حال، يسلّم الجميع بأنّه مؤسّس مدرسة الميكانيكيين ويقرّ بحسه الميكانيكي وبكثرة اختراعاته.

ويتابع ڤيتروڤيوس عرضه:

من ناحية أخرى، ليس هذا المجال الوحيد الذي يُنسب إلى كتيسيبيوس؛ ولكن تعود إليه أيضاً تجارب من أنواع مختلفة، تقوم على مبدأ العنصر السائل المضغوط كي ينقل حركات مأخوذة عن الطبيعة. مثلاً غناء الشحرور بمفعول الماء، ورقّاص الضغط وهو تمثال صغير معلّق في كرة مجوفة يهبط ويصعد في وعاء مملوء بالماء حسب الضغط على الغشاء الذي يغطّي الوعاء، وأيضاً التماثيل الصغيرة التي تتحرك بواسطة الماء، وأشياء كثيرة أخرى هي متعة للنظر والأذن.

من الممكن أن يكون قد مرّ قسم من مؤلّفات كتيسيبيوس ضمن أعمال فيلون البيزنطي، رغم أنّ هذا الأخير حرص مراراً على المطالبة بتمييزه عن الأوّل. على أيّ حال



شكل 15. ـــ مضخة كتيسيبيوس الرافعة والدافعة (عن شولزي)

فيلون هو أوّل ميكانيكي وصلنا القسم الأكبر من مؤلّفاته. هكذا نصل إلى «النحو» الميكانيكي الذي بقي يمتدّ حتّى بيزنطية القرن العاشر الميلادي، ومن المفيد أن نذكر عناوين أعمال فيلون (وضعنا الإشارة + قبل الكتب التي ما تزال محفوظة): دراسة في الرافعات؛ (+) علم الغازات؛ دراسة في المسيرات (الأوتومات)؛ دراسة في الآلات المدهشة (الأرغن والمزمار)؛ دراسة في جرّ الأوزان الثقيلة؛ (+) دراسة في الساعات المائية؛ دراسة في بناء المرافىء؛ (+) دراسة في التحصين؛ (+) دراسة في الآلات الحربية؛ (+) دراسة في العجلات التي تتحرّك بذاتها. ومن الممكن أن يكون قد وضع على رأس هذه الدراسات، كنوع من مقدّمة، كتاباً في الرياضيات والفيزياء العامّة. ليس الأمر إذن كتابة عن تقنيات تقليدية متداولة، بل تقنيات متطوّرة فعلاً، وكذلك تقييم تضمّن أيضاً أشياء مستحدثة.

لقد تعرّفنا إلى دراسة «علم الغازات» عبر ترجمة عربية مؤلّفة جيّداً ومكتوبة بشكل مقتضب ومتين. تبدأ بمجموعة من النظريات حول طبيعة الهواء، علاقته واتّصاله بالماء، حول الفراغ وحول كلّ المسائل التي تناولها كتيسيبيوس: نوع من الفيزياء البسيطة، القائمة على عدد من التجارب، التي تؤدّي إلى نفي الفراغ. كذلك عولجت إمكانية ضغط الهواء، توازن السوائل في الأوعية المتّصلة، ومبدأ الرشاف. وكرّس باقي المؤلّف لتقديم «الأوعية المدهشة» التي تستخدم مختلف هذه الخصائص: الينابيع المتناوبة ووعاء السائلين مثلاً. ثمّ نصل إلى المسيّرات (الأوتومات): حصان عند المسقى، عصفور في عشّه، يهزّ جناحيه خوفاً من ثعبان يخرج من الأرض. بعد ذلك يأتي وصف الصنابير متعدّدة المسالك، العجلات المصفرة وكل الحيوانات التي تصفر، وينتهي الكتاب بشرح عملي أكثر: ناعورة ذات قواديس، مضخّة كتيسيبيوس الرافعة والدافعة، رافعات رقّاصة، خنزيرات، عجلات ذات أقفاص. بعد محاولة تعميم، سرعان ما ينعطف كتاب «علم الغازات» نحو ما سيسمّى لاحقاً «مسرح الآلات».

يفترض بالكتاب حول الساعات المائية أن يكون من نتاج فيلون، دون أن نملك اثباتاً قاطعاً بهذا الشأن. إنّنا لا نعرفه سوى من خلال نسخة عربية، مبتورة، متوسّطة المستوى، وفيه عرض لآلات هذه الساعات يشير بعناية إلى كلّ الأبعاد، وفي الجهاز الذي يقدّمه لنا يجري الضبط بواسطة أنبوب مكوّع، يدور جزؤه المتعامد أمام نصف دائرة مقسّمة حسب البروج الفلكية. وكان هذا الجهاز مثقوباً ومزوّداً بمؤشّر فيضبط هكذا مدّة سيلان الماء. وكان بالإمكان الإضافة إليه مسيّراً ما، مع رنين وشخصيات، مثل عازف الناي الذي كان يعمل بواسطة بوق ورشّاف هواء مضغوط.

أمّا دراسات فيلون الأخرى فقد تناولت الفنون الحربية، وقد وصل إلينا بحث حول

فن الحصار وآخر عن الآلات الحربية. دراسة التحصين هي أوّل عمل كامل من هذا النوع يصل إلينا، وفي هذا المجال يتبع فيلون تراثاً طويلاً: قد لا يكون كتاباه الرابع والخامس أكثر من إعادة لدراسة فيلون الأثيني. ويفتقر المؤلّف إلى المنطق إلاّ أنّنا نجد فيه كلّ المبادئ الأساسية في فنّ التحصين الكلاسيكي ذلك العصر؛ إنّه كتاب يتضمّن تقنياً أكثر منه تجديداً، ويذكر كلّ المراجع، خاصّة ما يتعلّق بالمهندسين الرودسيين، إنّه مزيج معيّر من الوصفات والتجارب. «يجب تحديد مواضع جميع الحصون وانحناءاتها وتقوسّاتها وغرضها دائماً تبعاً لطبيعة المكان». إنّها أوّل قاعدة للتأقلم حسب الموقع. وفي النهاية يقدّم فيلون معلومات حول أنظمة التحصين الكبيرة: الأنظمة المتعرّجة في السهول، الحصون نصف الدائرية أو المنشارية في الأراضي الوعرة، الجدران المنحرفة بالنسبة للأشكال المثلّثة، وكان الدعم الجناحي للحصن من أهمّ المبادىء، معتمداً على الأبراج والأبواب السرّية. وترافق مبدأ الاستتار عن العدو، وأسبقية السماكة على الارتفاع، والانحناء الأقصى للقطع المحصّنة وضرورة تسهيل حركة المرور بجانب الأسوار، مع إرشادات تتعلّق بالذخائر وطرق تحديث التحصينات القديمة. وينتهي الكتاب بصفحات حول هجوم المواقع، وباستثناء بعض الاعتبارات النفسية أو الاحترابية (التكتيكية)، لدينا هنا بداية دراسة حول الآلات الحربية: أدوات للتسلّق، قفعات، أبراج متحرّكة مدرّعة. ويبدو أنّ المؤلّف أخذ بعين الاعتبار واستفاد من الحملات الكبيرة الأخيرة، حملات فيليب المقدوني وحملات الاسكندر الأكبر.

ونلمس أهمّية الدراسة حول آلات القذف من حيث أنّها تعرض لنا بشكل مباشر طريقة عمل أولئك الميكانيكيين. ويذكر فيلون أنّ المؤلّفين السابقين، ما يثبت وجود بعض الدراسات قبله، كانوا يختلفون فيما يخصّ المبادىء الأساسية لا سيّما طريقة وضع نسب التفاصيل. أمّا بالنسبة له فيجب الانطلاق من عيار معين ووضع الآلات حسب نسب محدّدة بوضوح؛ هذا المعيار TÓVOS يعطيه قطر حزمة الألياف التي تشكّل نابض السلاح، وهو طبعاً متناسب مع وزن المقذف: الجذر التكعيبي لوزن المقذوف بالدراهم (وحدة الوزن)، مضافاً إليه عشر، يمثّل عدد أصابع قطر حزمة الألياف؛ هذا العشر الإضافي هو عبارة عن تقريب الجذر التربيعي. القاعدة هي إذن التالية:

$$d = I, I \sqrt[3]{p}$$

حيث d تمثّل طول القطر و p تمثّل وزن المقذوف.

لقد وصلنا إلى هنا بالتلمّس بالطبع، وبوضع جداول يعطينا فيلون أمثلة عنها، هي الأكثر استعمالاً على الأرجح. المشكلة كانت أيضاً في تعيير المقذوف، لكن فيلون لا يأتي على ذكرها. ومن المعيار الذي تكلّمنا عنه كان المفروض استنتاج أبعاد مختلف أجزاء الآلة،

طاحونة الإلقام، سماكة القبّ، المسند، الأذرع، وطول النابض الذي يجب أن يبلغ ضعف طول الأذرع. وقد قدّم فيلون مختلف النسب المطبّقة. للحصول على بعض الأبعاد، استخدمت مضاعفة المكعّب حسب طريقة كانت معروفة ولكن رغب المؤلّف بإعادة شرحها. وكان بالإمكان، عبر طرق مشابهة، تكبير أو تصغير الآلات الموجودة، إلاّ أنّ هذه العقلنة في بناء الآلات الحربية لم تكن شيئاً جديداً في عهد فيلون. بالطبع لم نكن بعد قد وصلنا إلى تكنولوجيا، أي إلى تقنية قائمة عقلانياً على تفسيرات علمية، لكنّ مسألة المشاهدات المتكرّرة، المرتّبة والموضوعة في جداول كانت جديدة: ولم يعمد أهل القرون الوسطى وعصر النهضة إلى طريقة أخرى. وتبدو لنا أهمّية أفكار فيلون بشكل خاص فيما يتعلّق بتقنية تريد أن تكون أكثر عقلنة ومنهجية لكنّها ما تزال تفتقر إلى المعطيات العلمية الضرورية. وحده المتمرّس وصاحب الخبرة، المزوّد فقط بمعلوماته كمتمرّس، يستطيع الوصول إلى هدفه، لكن قد يكون هذا الأمر وليد الصدفة.

لقد حدث مع الكثير من المتمرسين، بعد أن وضعوا آلات حربية من نفس الحجم واعتمدوا نفس التركيب كالآلات القديمة، وبعد أن استعملوا قطعاً خشبية شبيهة وكميّه مساوية من الحديد، أن توصّلوا إلى إعطاء آلاتهم مرمى أطول ومفعولاً أقوى من الآلات الأخرى. مع هذا إذا سئلوا كيف استطاعوا الحصول على هذه النتائج، كان يصعب عليهم أن يبرّروا.

إنّ هذا الغياب لتبرير منطقي وعقلاني كان يبدو جسيماً بالنسبة لفيلون. وهناك الناحية الثانية، السلبية من المسألة؛ «هناك أشياء لا ندركها فقط بواسطة التفكير أو النهج الميكانيكية. والكثير من الاكتشافات يعود إلى الاختبار.» لقد كان هذا عبارة عن الاعتراف بحدود العلم في ذلك العصر، لكنّ المهم، بالنسبة لفيلون، هو أن يكون الاختبار منظّماً لا يُخضع له بكليته.

ما كان فيلون يشعر به في العمق هو أنّه لم يعد بإمكان التقنية أن تكون عشوائية. بدأت تلوح في الأفق تكنولوجيا معيّنة علمية، كان ما يزال من الصعب ضبطها، حيث كان علم محدود وتطبيق كذلك محدود يعيقان عمليّة تطوّر ممكنة: ولكن بإمكاننا أن نتساءل ما كان سيصبح عليه الأمر وإن لم تكن التقنية، في النهاية، هي ما وصل إلى حدوده. ويشير فيلون بحقّ إلى صعوبة فنّ الآلات هذا عندما يتدخّل عدد كبير من الشروط الضرورية. «هذا ما يحدث في تطبيق فنّنا عندما يكون من الضروري إجراء الحسابات الكثيرة للوصول إلى إنجاز العمل وإتقانه. إنّ أقلّ انحراف في أصغر تفصيل يكفي لأن يؤدّي إلى أخطاء في النتيجة النهائية.» وفي معرض حديثه عن قطعة من الآلة يحدّد: «لا يجب رسمها دون عناية ودقّة، ولكن جيّداً وتبعاً لطريقة معيّنة». حتى ولو كان من الضروري أن لا ينخدع المرء

«بالحسابات الكثيرة»، كان فيلون يدرك، حتماً بصورة أفضل من معلّمه كتيسيبيوس، طرق المستقبل، ويفكّر جيّداً أنّ العلم كان إحدى الأدوات الضرورية للتقنية، وليست الوحيدة. كما كان يحدّد من جهة أخرى أنّه سيعطي حول الآلات التي كان يصفها «تفسيرات قائمة على البراهين الميكانيكية كما على الأسباب الطبيعية»، وكلّما كانت تسمح له الفرصة لم يكن يغفل عن إظهار معرفته العلمية، الهندسية أو الميكانيكية. إنّ هذه العقلية عند التقني تتجاوز مجرّد وصف الآلات.

يركّز فيلون بشكل خاص على آلة من ابتكاره، تقذف نبالاً مخترقة، مربوطة بأوتاد؛ لكنّ أواليتها مشروحة بشكل غير واضح والمخطوطات تفتقر إلى الرسومات المفسّرة. بهذا الشأن يلاحظ المؤلّف أنّ الآلات القديمة كانت «متعبة ومكلفة، ولم تكن تتحمّل ضغطاً طويلاً»، أمّا الآلة الجديدة فكانت بعيدة المرمى، سهلة التركيب والتفكيك، وأقلّ كلفة، وهنا يُشار إلى الكلفة والتفكيك للمرّة الأولى. ويركّز المؤلّف أيضاً على نوعية المواد، كان يجب أن يكون الحديد المستعمل لصنع النوابض «بالغ النقاء»، أن لا يطرّق عشوائياً، بل على البارد كي يصبح الظاهر صلباً ويبقى الداخل لدناً. نحن إذن بصدد استعمال للمعدن وليس فقط مجرّد آلة قذّافة.

وبعد أن يصف فيلون آلة كتيسيبيوس، ينتقل إلى آلة وضعها «مهندس» من الاسكندرية اسمه دنيس Denys. كانت بعض وضعيات هذه الآلة خاصّة ومعقّدة جدّاً، ولكن بارعة غالباً، كان يجب الاهتمام بها بعناية، وكانت دقيقة القيادة ودقيقة التركيب.

إنّ هذا الكتاب من فيلون البيزنطي يظهر لنا ما نعتقده تطوّراً بالنسبة لوضع التقنيات آنذاك. هذا الوضع الذي لا نعرفه تماماً. والأهمّ هو أنّ مدرسة الاسكندرية استطاعت، بفضل مجمع علماءِ كهذا، بفضل كمّيات من الكتب كهذه، أن تنشىء بين العلم والتقنية روابط ربما كانت من ناحية أخرى وقتية. حتّى لو لم يكن فيلون أكثر من مصنّف وجامع للمعلومات، وحتّى لو كان هناك ميكانيكيون أخر، يذكر أسماءهم، فهو يُترجم عقلية تبدو متطوّرة جيّداً، وبالطبع لطالما أخذ «النحو الميكانيكي» عنده، وانتحل، وأُكمِل، واستوفي على مدى الاكتشافات التي جرت هنا وهناك.

وهكذا ظهرت تيارات متوازية، مثل مدرسة رودس التي أشرنا إليها. أبولونيوس من برغا Perga، في النصف الأوّل من القرن الثالث ق. م، عاش طويلاً في الاسكندرية حيث درس الهندسة على يد تلاميذ إقليدس؛ إلى جانب «المقاطع المخروطية» التي أعطته المجد، يبدو أنّه مارس أيضاً العلم التطبيقي. وقد نسب إليه العرب دراسة في الميكانيك لم تعد موجودة اليوم، كما ذكره ڤيتروڤيوس مع أرخيتاس وأرخميدس وآخرين «توصّلوا بواسطة

الحساب ومعرفة أسرار الطبيعة إلى اكتشافات كبيرة في علم الميكانيك وتركوا دراسات مهمّة جدّاً فيه». وقال عنه بروكلوس Proclus وبابّوس Pappus أنّه كتب عن اللولب. ويُحكى أيضاً عن عالم اسمه آجيسيستراتوس Agesistratos قال عنه أثينيه أنّه كتب بحثاً حول الآلات، وهذا ما أكّده فيتروفيوس ناسباً إليه شهرة واسعة. والمقطع الذي ذكره أثينيه له مدلوله.

في حال كلّف المرء بحماية مدينة ما، من البديهي أنّه يجب أن يكون متمرساً في فنّ رسم المصوّرات كي يستطيع أن يضع ما يواجه آلات الهجوم، وفي الحالة المعاكسة، أن يضع ضدّ الدفاع آليات ضرورية للهجوم. بالطبع ليس من السهل على المبتدىء ان ينجح، بل فقط من درس هذا الفن بعناية ومرّ بكلّ الدراسات التي تتعلّق به، وأخذ بعين الاعتبار، غير مكتف بأوجه التقريب، كلّ كتابات المعلّمين في المادّة والأحداث الجديدة التي قد تكون جرت فيما يتعلّق بها. يجب في الواقع أن نستفيد من الاختراعات الجيدة وأن لا نبغي التعديل في كلّ شيء، إلاّ إذا كنّا ممّن يرغب في خداع الجاهلين، مفضّلاً ظاهر الحقيقة على الحقيقة نفسها.

بعد ذلك تشكّل علم الآليات؛ أكثر من هذا أيضاً، صادف هذا العلم بعض العوائق.

ما يزال يدور النقاش الكثير حول هارون الاسكندراني. ويذكر المؤرّخ دان Dain: «ما كان إقليدس بالنسبة لعلم الهندسة كانه هارون بالنسبة للعلوم التطبيقية واسمه كان على كل دراسة جرت في هذا المجال، كما نلحظ من خلال الأجزاء العديدة التي احتفظ بها.» ليس فقط من الصعب الإحاطة بشخصية هذا المؤلّف، لكنّ أعماله أيضاً محاطة بهالة لا تسهّل الأمور. قيل إنّه رجل متواضع الأصل، مثل كتيسيبيوس، وبدأ كسكّاف. ويعتبر قسم كبير ممّن درسوه أنّه انتمى إلى نهاية القرن الثاني ق. م أي بعد العلماء الذين ذكرناهم بكثير. أثينيه، فيتروفيوس وبليني لم يذكروه أبداً، في حين أنّهم ذكروا كتيسيبيوس وفيلون؛ بالمقابل، بابّوس، أوتوسيوس Eutocius وهارون البيزنطي، الذين جاؤوا بعد تلك الفترة، ذكروا هارون الاسكندراني ولم يأتوا أبداً على ذكر كتيسيبيوس. خارج إطار هذا الجدل التأريخي، الذي له أهمّيته، ينتمي هارون فعلاً إلى سلالة ميكانيكيي الاسكندرية.

لقد ألّف أعمالاً بقدر ما كتب فيلون وقد وصلنا قسم كبير منها، الأهمّ ربّما، وبفضل هارون نفسه وبعض الكتّاب اللاحقين أمكننا تشكيلها مجدّداً:

أوّلاً عملان علميّان: «المتريات»؛ «ملاحظات إقليدس».

أربعة أعمال تمزج الاهتمامات العلمية بالتطبيقات العملية: (+) الميكانيك العام والأوزان الثقيلة؛ (+) علم الهواء والغازات؛ علم انعكاس الضوء؛ (+) علم انكسار الضوء.

أخيراً أربعة أعمال حول الميكانيك التطبيقي: الساعات المائية؛ (+) الآلات الحربية؛ (+) القذّافات؛ (+) المسيّرات.

وضعنا إشارة + أمام الكتب التي وصلت إلينا، ونرى أنّ معظمها له أهمّيته الخاصّة. تجدر أيضاً الملاحظة أنّ اللائحة قلّما تختلف عمّا ذكرناه لدى فيلون؛ إنّها لا تتضمّن مسائل التحصين، ولكن أليست هذه إشارة إلى أنّ هارون عاش في عصر لم يعد فيه فائدة من التحصين بوجود الفتح الروماني؟ ومن الممكن أيضاً أن يكون هارون قد تعمّد ترك كلّ التقنيات التي لم تتطوّر ولم تستحقّ كتابة جديدة.

من كتاب «المتريات» لا نملك سوى مقاطع مع استكمالات عديدة؛ إنّه نوع من كتاب نموذجي في الرياضيات، وفيه قسم يتضمّن تعريفاً لألفاظ علم الحساب مع بعض الأمثلة، مثل الحصول التقريبي على الجذر التربيعي لأعداد لا تملك جذوراً تربيعية تامّة، وقسم ثاني مكرّس لتعريف ألفاظ علم الهندسة، وكان فيه أخيراً مقالة عملية في هندسة السطوح. أمّا «ملاحظات إقليدس» فيُفترض أنّه كان عرضاً موجزاً لهندسة إقليدس. هي في الواقع، إن استطعنا القول، عبارة عن ألفباء الرياضيات بالنسبة للتقنيين.

يُفترض أن يكون نفس الشيء بالنسبة لكتاب الميكانيك، ويدين هذا البحث كثيراً إلى أرسطو وأرخميدس، وقد ذُكر فيه هذا الأخير تسع مرّات في مسائل تتعلّق بالتوازن وبتوزيع الأوزان على الركائز. ونرى الفكر الأرسطوطاليسي واضحاً في الكتاب: البحث عن الأسباب، تحويل الظواهر الميكانيكية إلى مبادىء بسيطة. ويرجع هارون «القدرات» إلى طبيعة وحيدة توجد في الرافعة، وهي تعبيرها المادي الأبسط؛ وفي الدائرة، وهي تعبيرها المجرّد أي الرمزي. والكتاب لا يخلو من الدقّة، هكذا بالنسبة لمفعول الطرق فوق الإسفين، وبالنسبة لفحص شروط عمل اللولب، ولا يخلو من المهارة، كما بالنسبة لتخفيف السرعة في الآلات حيث تخفيف القدرة أكبر. وقد استوقفت هارون كثيراً دراسة حركة الدوائر، مشتركة المركز أم لا، أمّا مفهومه للجاذبية فلم يكن كلّياً أرسطوطاليسياً، ويشير هارون إلى أنّ الأجسام الأثقل وزناً تقع بصورة أسرع وأنّ لشكلها بعض الأهمّية.

هذا العمل يقع بين العلم والتقنية. وإذا كان يقرّ بأنّ التجربة أو الأختبار هو أفضل معلّم، وهذا دليل على أنّ العلم لم يكن بعد قادراً على أخذ كلية الحقيقة التقنية بعين الاعتبار، فإنّه يذكر في مكان آخر: «نرى أنّه من الضروري لمن يتعلّم الفنون الميكانيكية أن يعرف ما هي الجاذبية وما هو مركز الثقل.» وكذلك «يجب على من يريد التعرّف على الفنّ الميكانيكي أن يعرف الأسباب التي تكمن خلف كلّ حركة.» من هنا كان البحث مزداناً بالمسائل العملية، وفيه تجمع المعطيات حول التشبيكات معظم النظريات المعروفة ذلك

العصر؛ على نفس المحور تتحرّك عجلتان في نفس الاتجاه، أمّا العجلات المتشابكة فتتحرّك متعاكسة الاتّجاه. إذا كانت دائرتان تتحرّكان على نفس المحور، فإنّ الكبيرة تتحرّك بشكل أسرع من الصغيرة، لكن إذا وجدت دائرتان على محورين مختلفين وكانتا متشابكتين، فإنّ الصغيرة تتحرّك بشكل أسرع من الكبيرة. واستعرض الكتاب كلّ مسائل الصلات وتخفيفات السرعة، محوّلة بمعظمها إلى مسائل رافعات، وانتهى بمسألة دعم الأجسام الثقيلة، التي كانت تهمّ المعماريين (الأعمدة، الساكف) والتي حوّلت، هي أيضاً، إلى مسألة توازن ذراع الميزان.

القسم الثاني يتناول مسائل أكثر نظرية، هي التي تتعلّق بالآلات البسيطة الخمس: الخنزيرة، الرافعة، البكرة، الإسفين واللولب. أمّا دراسة الخنزيرة فهي موجزة جدّاً، حيث يضع هارون قانون التوازن بين القدرة والوزن ويقدّم الحسابات النموذجية لخوارج القسمة. بالنسبة للرافعات، يستند المؤلّف إلى أرخميدس، ولا شيء مميّزاً بالنسبة لدراسات البكرات والبكّارات. ويشير هارون إلى صعوبة صنع واستعمال اللولب، وبالنسبة له اللولب هو عبارة عن إسفين منحن، ممّا يشكّل تعريفاً مثيراً بعض الشيء. الفعل البديهي عند كلّ هذه الآلات هو أنّها تحرّك بواسطة قوى معتدلة أوزاناً كبيرة.

إذا كان هذا العمل، في النهاية، عبارة عن جامع للمعلومات، فهو يعرضها بشكل جيّد منطقي التسلسل. حول الآلات البسيطة يشير الكاتب «تمسّكنا بما فكر به معظم الذين سبقوني»، أمّا البرهان العملي لكلّ هذه المبادىء فمعطى من خلال البارولكوس وهي آلة لتحريك الأوزان الثقيلة بالضبط بواسطة قوى معتدلة، إنّها ليست آلة جديدة وقد سبق أن تناولها فيلون. المسألة هي تحريك وزن معين، بواسطة قوّة معيّنة، عبر سلسلة من التشبيكات، مثلاً أن نرفع وزناً يبلغ ألف تالان بقوّة تبلغ خمسة تالان. مع كلّ ما نعرفه عن التشبيكات، لم يكن الحلّ صعباً جدّاً.

القسم الثالث كُرّس لعدد من الآلات المركّبة، وهو القسم العملي الأكبر في الكتاب. هناك أوّلاً آليات الرفع: المرفاع (الونش) مع سارية وبكرة، أجهزة بقائمتين وبكّارة، رافعات مزدوجة البكر بثلاث أو أربع قوائم. وينصح هارون بتجنّب المسامير التي تنقص من مقاومة الأخشاب، وباستعمال الحبال للربط، كما يُفعل اليوم. بعد ذلك يأتي دور الملاقط، لأخذ الحجارة، والمكابس: المكبس اللولبي، المكبس ذو لولب مركزي، ذو لولب ورافعة، المكبس ذو رافعة وخنزيرة، وقد ذكر بليني أنّ بعض هذه الأجهزة كانت جديدة في عهد هارون. من جهة أخرى نلاحظ تشابهاً بين هذا القسم وكتاب ڤيتروفيوس الأخير.

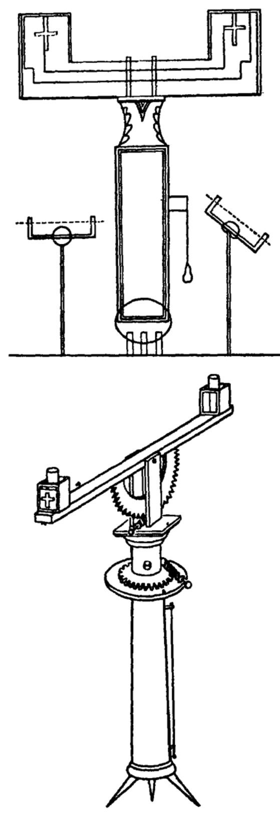
أعاد هارون تناول «علم الهواء والغازات»، لكنّه تميّز عمّن سبقه من نواح كثيرة، وإذا

كان أساس العمل نفسه كما عند فيلون، فهذا لا يلغي وجود مفارقات ملحوظة. لقد قام المؤرّخ دراكمان Drachmann بوضع مقارنة بين العملين: يذكر هارون أربعة وأربعين من أجهزة فيلون، وثلاثة وعشرين جهازاً جديداً كلّياً وثمانية تعطي حلولاً مختلفة. ثمّ يترك هارون مجموعات كاملة من الأدوات كان فيلون قد ذكرها. ما هو جديد عند هارون وما أكسبه شهرة مبالغاً بها أحياناً هي الأجهزة التي تستخدم قوّة البخار، ومنها الكرة الشهيرة، كرة هارون الاسكندراني، التي تدور بخروج البخار منها.

تذكّرنا مقدّمة الدراسة بمبادئ نموذجية مرفقة بمناقشات حول الآراء المضادّة لرأي المؤلّف، ويتضمّن الكتاب، مثل كتاب فيلون، تطبيقات ذكية وبارعة لمعلومات اكتسبها العلماء الاسكندرانيون حول القوّة المرنة والمحرّكة للبخار والغازات تحت تأثير الحرارة والضغط، وخاصّة بما يتعلّق بمفعول هذا البخار وهذه الغازات، مضغوطة أو متمدّدة، على توازن وحركة السوائل. قد يكون من الصعب أن نتناول مجدّداً كلّ هذه التجارب المتعلّقة بالمحاجم، بالمحاقن، بالمصابيح، بالرشّافات، بالمضخّات الرافعة والدافعة، وبالأرغن المائي. أمّا الينبوع المتناوب وكرة هارون، التي تدور بخروج البخار منها بفضل أوالية حاذقة هي عبارة عن منفسين يشكّلان مزدوجة، فالجميع يعرفهما. ونلاحظ هارون عبر هذا المؤلّف متمكّناً من التقنية أكثر من سابقه.

علم البصريات كان يتضمّن ثلاثة أقسام كبيرة: البصريات البحتة، علم انعكاس الضوء (المرايا، النظرية والتطبيق) وعلم انكسار الضوء (الكاسر، النظرية والتطبيق)، وفيه نرى العلم ممزوجاً بالتقنية بشكل وثيق. في ما يتعلّق بهارون ليس في متناولنا لسوء الحظ سوى نصوص منقولة بشكل رديء وغير كاملة. كان يُفترض بعناصر البصريات الأساسية أن ترد على رأس علم انعكاس الضوء، وكما أشار المؤرّخ رونشي Ronchi، أخطأ هارون عندما بسط إلى انكسار الضوء وبشكل مستخفّ قانون الطريق الأقصر الذي عمّمه تعسّفياً إلى جميع الظواهر الضوئية. يتضمّن الجزء الأوّل من علم انعكاس الضوء نظريتين في البصريات وست حول المرايا المسطّحة والمقعّرة، في الجزء الثاني نجد تسع نظريات تتعلّق بإنشاء واستعمال الأجهزة المؤلّفة من مرايا مسطّحة، محدّبة ومقعّرة. وكما بالنسبة للميكانيك وعلم الغازات، نلمس هنا مدى معرفة هارون وأهميّة التتمّات التي قام بها.

أمّا «الدراسة في علم انكسار الضوء» فتتضمّن وصفاً لآلة الكاسر يتبعه العديد من الأمثلة التطبيقية. الكاسر هو أداة تُستعمل للتصويب، وكان كاسر هيبّارخوسHipparque قد استُعمل لقياس زاوية رؤية الشمس والقمر. أمّا الكاسر عند هارون فهو عبارة عن مستوى للماء يتحرّك فوق منصب؛ ولكن بالإمكان نزع هذا المستوى واستبداله بعضادة بسيطة تتحرّك



شكل 16. ــ كاسر الضوء عند هارون الاسكندراني.

أفقياً أو عامودياً، أو بطبق دائري مقسّم إلى درجات ويمكن تثبيته حسبما نريد في زاوية منحرفة معيّنة (شكل 16). هذا الجهاز هو، في بعض النواحي، شبيه بالمزولات (مقاييس الأبعاد) الحديثة. القسم الثاني من الكتاب يتناول عدداً من مشاكل القياسات، ويعرض من جهة أخرى بعض الحلول بالتقريب وبالتلمّس: إقامة خطّ مستقيم بين نقطتين لا يمكن أن نرى إحداهما انطلاقاً من الأخرى، وهناك مسائل تتعلّق بعمليات مدنية أو عسكرية ونشير بشكل خاص إلى الأعمال تحت الأرضية: شقّ جبل تبعاً لخطّ مستقيم يجمع نقطتين ما على جانبيه، حفر آبار تصل عامودياً إلى منقب أو سرداب معيّن. وقد استرعى انتباه هارون قياس الأبعاد التي تتجاوز الإدراك: عرض نهر، المسافة بين نقطتين متباعدتين، علو نقطة لا تُطال، عمق حفرة، وكذلك مسألة وضع الآلة القذّافة عند المسافة المناسبة. الهندسة العملية، الزراعية كانت أيضاً ممثّلة جيّداً: قياسات، اقتسامات، إلخ...

أخيراً لم تغب المسائل الفلكية وفنّ قياس المسافات الزاوية السماوية: المسافة الزاوية بين نجمين، تحديد المسافة بين مكانين يقعان تحت مناخين مختلفين بواسطة ساعات مراقبة نفس الخسوف انطلاقاً من أمكنة يُفترض أن تكون مواقعها معروفة. كما يقدّم هارون شرحاً عن عدّاد المسافات، وهو عدّاد بارع متكيّف مع العربات ويتألّف من براغ وعجلات مسنّنة. وهناك جهاز شبيه يسمح، بواسطة عجلة ذات مضارب، بقياس مخور السفينة.

إذن هي في الواقع دراسة في الهندسة العملية، أثر مهمّ لتراث طويل. وإذا كان هارون لم يضف شيئاً إلى ذلك التراث، فإنّه يقترح، هنا وهناك، حلولاً جديدة، وغالباً لبقة، لمسائل قديمة، مثل مساحة المثلّث تبعاً لأضلاعه الثلاثة. والأهمّ بالنسبة لنا هي مجموعة الوسائل التقنية التي كانت بمتناول القدماء من أجل حلّ هذه المسائل.

وإذا كانت دراسة هارون حول الآلات القاذفة أقلّ كمالاً من دراسة فيلون، فإنّها بالمقابل أكثر تفصيلاً، وقد كتب:

صحيح أنّ أسلافنا كتبوا كثيراً حول الآلات القاذفة وأعطوا قياسات ورسومات الآلات، لكنّ أحداً منهم لم يشر بصورة ملائمة إلى صنعها أو إلى طريقة استعمالها، فقد اعتاد المؤلّفون على أن يكتبوا لقرّاء على علم بكلّ التفاصيل.

بالفعل نرى عند هارون شرح كلّ قطعة في كلّ آلة، والأبعاد معطية، لكنّ كلّ هذه التفاصيل لا تحمل لنا أيّ تحديد مهمّ فعلاً حول هذه الآلات. ونشير إلى أن نصّ هارون يقترب كثيراً من نصّ ڤيتروڤيوس الذي تناول، في الفصل 12 من كتابه العاشر، المواضيع نفسها.

وقد قدّم هارون تصنيفاً لآلات القذف: أ) الآلات التي لا تقذف سوى النبال،

ويسمّيها البعض عقارب؛ ب) الآلات التي تقذف نبالاً كما تقذف حجارة.

إنّ مبادىء جميع هذه الآلات هي متشابهة، فهي عبارة عن حبل قوّاس ممدود بين ذراعين مرنتين، ويمتدّ الحبل بواسطة خنزيرات ويذهب في فُرَيْضة يديرها زناد. إنّه الشكل الكلاسيكي لكلّ آلات القذف في العهد القديم. ويقول كاتبنا محدّداً: «الهدف من القذف هو إرسال نبل يضرب على مسافة بعيدة هدفاً واقعاً في اتّجاه معيّن.» ويذكّرنا هارون بأنّ الإنسان بحثَ على مدى التاريخ من أجل أن يرمي مقذوفات أثقل على مسافات أبعد. وصلنا إذن إلى وقت لم يعد فيه بالإمكان مدّ الحبل القوّاس بين ذراعين، ومن هنا إدخال الخنزيرات.

كما أنّ الآلة يجب أن تكون متحرّكة تماماً، أي قابلة للتفكيك وللنقل، ويجب أن تكون كلّ الأبعاد معمّمة كي يمكن استبدال القطع المستعملة أو المكسّرة بسهولة. في ما يتعلّق بأبعاد ونسب الآلات، الطريقة هي نفس التي اعتمدها فيلون: تحديد المعيار والقواعد كي يمكن استخلاص كلّ الأبعاد. وكلّ القواعد كانت متشابهة؛ «قطر الفتحة التي تسمح للمدّاد بالعبور هو نقطة الانطلاق: إذن المدّاد هو المبدأ والأساس بالنسبة للباقي.» ويضيف هارون قاعدة بالنسبة للآلات التي تقذف نبالاً، وهذا ما لم يضعه فيلون. يجب أن يكون المعيار، أي دائماً قطر المدّاد، مساوياً لتسع طول النبل:

$$d = \frac{L}{9}$$

حيث d هي القطر و L طول النبل. هكذا بالنسبة لنبل من ثلاث أذرع، يجب أن يبلغ المعيار ثمانية أصابع. هنا أيضاً يكشف لنا هارون عن طريقة تفكير مهمّة؛ «تجدر المعرفة أنّ رقم الأبعاد تُحدّد بواسطة التجربة.» إذن لم يكن الأمر عبارة عن قواعد معقلنة، كما زعم بعض المؤلّفين الحديثين. ويحدّد هارون أنّ وضع هذه النتائج استهلك وقتاً كثيراً: «رويداً رويداً، توصّلنا إلى صنع آلات قويّة ومنظّمة أيضاً.» لم يتغيّر شيء منذ عهد فيلون، وهذا ما يثبت قولنا السابق أنّ علم الآلات الحربية صادف بعض العوائق. يجب انتظار بيتون Biton كي نرى وضع قواعد كانت أكثر من مجرّد نتائج تجارب متراكمة. أما ڤيتروڤيوس فقد أكمل تقليد هارون وتراثه.

كما كانت الأبحاث في مجال المسيّرات، في عهد هارون، تتمتّع بتراث واسع. وهذا المجال هو دون شكّ الذي شهد المنافسة الأقوى، حيث كان من الصعب الابتكار في مجال مساحة الأراضي أو الآلات الحربية، بينما كانت المسيّرات تشكل حقل عمل مفضّل يريد أن يظهر الجميع فيه مهارتهم. «حول المسيّرات ثابتة المقرّ، كتب هارون، نريد أن نقول

شيئاً أحدث وأفضل ممّا قيل في الماضي، وأن يكون تعليمياً أكثر في الوقت نفسه؛ ولن نذكر، حول هذا الموضوع، شيئاً ممّا قاله فيلون البيزنطي.» نشير فوراً إلى أنّ كلّ هذا البحث في مجال المسيّرات يمثّل أهمّية كبيرة بالنسبة لتاريخ التقنيات: التركيبات، بين أواليات متنوّعة، اختراع أنواع جديدة من التوزيعات ومن البرمجة أيضاً، ما هو أهمّ، كلّها أمور ساهمت بصورة استثنائية في سبيل بعض التقنيات المتطوّرة.

وتُقسم الدراسة إلى قسمين كبيرين: المسيّرات ذات المقرّ المتحرّك والمسيّرات ذات المقرّ الثابت. في الواقع، كان النوع الأوّل يعمل على صندوق يدور ويتضمّن الأوالية المحرّكة غير المرئية، ولم يكن معدّاً من أجل المسيّرات المسرحية وحسب، بل أيضاً لتحريك العربة. بينما في النوع الثاني كان الصندوق يبقى ثابتاً، ويستخدم كقاعدة لمسرح حقيقي على نطاق مصغّر حيث نرى دمى أنيقة تلعب قطعاً من عدّة فصول، مع استراحات وتغييرات في الديكور. في كلّ جهاز، كان المحرّك مؤلّفاً من نزول لثقّالة معيّنة. وكان هناك نوعان من العروض التمثيلية؛ في المسرح المتحرّك، كان أوّل كتاب من دراسة هارون يكرّس تمجيد باخوس، بمشهد واحد؛ حيث كانت كلّ الشخصيات مصفوفة عند أقدام الإله، وتؤدّي أدوارها في الهواء الطلق، دون تغيير في الديكور، وسط جمهور يجلس دائرياً حول المجموعة. بينما يدور الكتاب الثاني، في خمسة مشاهد، على مسرح ثابت، مع استراحات وتغيير في الديكورات، ويحكي تراجيديا حقيقية عنوانها اسطورة نوبليوس Nauplius. من هاتين القطعتين، ينتقل هارون إلى تفصيل مختلف طرق التنفيذ العملي وذلك بدقّة متناهية. ويدلّ تفضيل الكاتب للمسرح الثابت، على تفوّق تقني فيه، ليس فقط من ناحية سهولة وضمانة أواليته، بل أيضاً من ناحية التنوّع الذي يقدّمه في التأليفات المشهدية.

إنّ أوالية المسرح الجرّار سهلة للغاية، حيث كان عبارة عن عربة بثلاث عجلات تسير على أخاديد، وتتمّ الحركة بواسطة ثقّالة مثبتة بطرف شريط يدور حول محور العجلات المحرّكة. لضبط الحركة، لأنّ مبدأ الحركة المتسارعة لسقوط الأجسام الحر كان معروفاً آنذاك، جُعِلت الثقّالة في قسطل وقامت على طبقة من حبوب الذرة أو الخردل الأسود، وكانت خفيفة ومنزلقة، تهرب عبر ثقب ذي أبعاد معيّنة، يفتح ويغلق بواسطة سكر. ويُحسب الوزن انطلاقاً من درجات المقاومة التي يجب كبحها، وإحداها صعود ثقّالة أخرى أو بالأحرى لفّ شريطها حول المحور الآخر، والذي يحدث الحركة المعاكسة. كذلك كان يجب أن يكون طول الشريطين تبعاً للحاجة. وكان نفس نظام الثقّالات يُستخدم من أجل المسرح الثابت، ولكن كان يجب إضافة الكثير من الأواليات الأخرى من أجل تحرّك الشخصيات، حيث لم يعد الجهاز جرّاراً، وربّما أصبح نظام الثقّالة مجهّزاً أكثر. الحبوب

استبُدلت بالرمل الجاف، مادّة اقتصادية وتدوم أكثر من الأخرى. عندئذٍ كانت الأواليات المعتمدة من أنواع متعدّدة: الرافعة؛ الثقّالة والعجلة المسنّنة وتلعب دور الحدبة؛ اتصال مختلف الحركات مع الثقّالة العامّة؛ إمساك العناصر المتحرّكة بواسطة تعليقة إلى أن توقعها الثقالة.

إذن كان ينبغي إدارة أواليات يُفترض أن يكون من الممكن نقلها واعتمادها في آلات أخرى. وهنا نجد كلّ سلاسل الحركة مُمثّلة ومكيّفة من أجل مفعول معيّن، هكذا مثلاً الحدبة، وهي رافعة ذات مفعول محدّد زمنيا. كذلك نجد كلّ المبادىء المعروضة في «علم الغازات». في النهاية تبدو المسيّرات الآلية وكأنّها تجسيد لمجموعة من الظواهر المشروحة علمياً في مكان آخر والمركّبة من أجل إنتاج مفعولها على التوالي مع الوقت وبشكل منتظم. لكن كون الأمر كناية عن لعبة بدا للبعض مانعاً أمام نقل هذه التركيبات إلى عالم مادّي أكثر انفتاحاً. عندها نكون قد نسينا أنّ ما هو ممكن التحقيق على نطاق مصغّر ليس بالضرورة ممكن الانتقال إلى النطاق الأكبر؛ إنّها مسألة المرور من النموذج إلى الحقيقة، وقد وعى ميكانيكيو ذلك العصر تماماً إلى هذه المسألة. إنّها نفس المسافة التي تفصل بين مسيّرات ڤوكانسون أو جاكيه دروز Jacquet Droz عن بعض الآلات الأوتوماتيكية العصرية. إنّ قيمة مسرح المسيّرات الآلية تكمن إذن، فيما يتعدّى أهمّيته الشعبية وحتّى الأدبية، في البحث الذي يفترضه في التركيبات الميكانيكية. من الصعب أن نقيس الخطوة التي اجتازها هارون منذ فيلون البيزنطي لأنّنا لا نملك دراسة هذا الأخير، لكن يجدر الاعتراف بمهارة المهندس الاسكندراني الفائقة في مجال أراد أن يقدّم فيه بالتحديد شيئاً جديداً. بعد ذلك وجب انتظار الميكانيكيين العرب لنرى تناول هذا التقليد مجدّداً، بعد أن توقّف طيلة ذلك الوقت. أمّا «مهندسو» عصر النهضة فقد اهتمّوا بالمسيّرات الآلية الكبيرة المعدّة من أجل أعياد الأمراء.

إنّ هارون يمثّل جيّداً ما أدّت إليه مدرسة الاسكندرية، فهو إن كان قد طوّر وحسّن بعض أعمال أسلافه فإنّه يتمتّع بنفس الذهنية ويستعمل نفس الطرق، ويصل إلى نفس النتائج. يصعب أن نقيّم عمل الاسكندرانيين بالنسبة لتطوّر ومسار التقنيات الإغريقية، وذلك لأنّنا لا نملك الأبحاث السابقة وقد رأينا أنّها كثيرة نسبياً. لكن من الممكن أنّ المواجهة بين المعارف كانت في الاسكندرية أهمّ منها في كلّ المدارس السابقة، باستثناء ربّما مدرسة رودس التي لا نعرفها جيّداً والتي مرّ بها عدد من أعضاء مدرسة الاسكندرية.

إذا فهمنا كيف أهملت الأبحاث الاسكندرانية بعض التقنيات، خاصّة التقنيات الحرفية، فإنّ الأمر يدهشنا بالنسبة لتقنيات أخرى، بصورة خاصّة بالنسبة للهندسة المعمارية

التي كان بإمكانها أن تكون مادّة لتطويرات مهمّة، لا سيّما فيما يخصّ المنظورات والنسب. لكنّنا قد لا نكون نعرف سوى قسم من نتاج أعمال المدرسة، كما أنّه من المحتمل أن تكون الدراسات السابقة اعتُبِرت كافية ولا تحتاج إلى كتابة جديدة. ولم يكن الأمر كذلك بالنسبة للتحصينات لأنّ بحث إينياس أعيد تناوله، خاصّة من قبل فيلون، بينما لم ينتج هارون شيئاً حول هذا الموضوع.

إنّ تلك النصوص هي صعبة النشر والترجمة، والبعض منها لم يُطبع منذ القرن السادس عشر أو السابع عشر. إنّنا بمعرض أحد الميادين التي يجدر فيها بأخصّائيي اللغة، والتقنيين ومؤرّخي التقنيات أن ينظروا في إقامة تعاون يكون مثمراً للغاية: إن نشر أعمال أرخميدس حديثاً قد فتح الطريق التي يجب سلوكها.

عوائق أو حدود

لا يمكن لمؤرّخ التقنيات الإغريقية أن يتجنّب مسألة ما زال يدور فيها النقاش الكثير؛ كلّ الحلول التي قدّمت لها تتطابق نوعاً ما. ونرى أ. إيمار يطرحها بشكل واضح وبسيط.

في قلب العصر القديم، في الحضارة الهلّينية، كان كلّ شيء معداً لتحول، تدريجي ولكن جذري، في ظروف الحياة اليومية. لكنّ هذا التحول لم يتمّ. المهارة في استعمال خصائص المادّة وتدجين القوى الطبيعية الكبيرة، من أجل مكافحة الأعداء أو من أجل تسلية الفضوليين والساذجين، استبُدلت عملياً باللامبالاة عندما استطاع هذا الاستثمار وهذا التمكّن تخفيف البؤس وتعب الانسان الجسدي (...) هكذا لم يكن خطأ العصر القديم نتيجة جهل بل نتيجة رفض. رفض كان له بالطبع بعض الاستثناءات، لكنّه بدا في حالات كثيرة ظاهراً جداً بشكل يجبرنا إلى استشفاف موقف مبدئي فيه. موقف عقلي، أو اجتماعي أو الاثنان معاً: ليست المسألة واحدة من المسائل التي يمكن إغفالها.

هكذا إذن، توقّف الفكر التقني في اللحظة التي كان يتمتّع فيها بكلّ عناصر تطوّر مهم، وقد يكون هذا التوقّف عائداً إمّا إلى ردّة فعل معيّنة تجاه العمل اليدوي، تجاه أشياء الحياة المادّية، إمّا إلى نظام اجتماعي خاص، تضمّن، وهذه نقطة أساسية، وجود الرقّ. في الحالة الأولى، استند المؤلّفون المعاصرون إلى النصوص، وفي الحالة الثانية لا يقدّمون سوى استنتاجات استخلصوها من الأحداث. كلّ هذا جدير بالملاحظة، وبالنقد.

النصوص معروفة جدّاً وقصيرة نسبياً. لا شك في أنّ ممارسة الرقّ حطّت من قدر العمل اليدوي، حتّى وإن كان يقوم به عدد كبير أيضاً من الأحرار. على أيّ حال، اقترح كلّ من أفلاطون («القوانين»، VIII) وأرسطو («السياسة»، III) أنّه لا يمكن لأيّ عامل يدوي في مدينتيهما المثاليتين أن يكون مواطناً. كلّ ما يتعلّق بالحرف وبالعمل اليدوي يحمل المذلّة

ويشوّه الروح كما الجسد. وفي كتابه «Gorgias» يهاجم أفلاطون «المهندسين»، مهندسين كما رأيناهم يظهرون في نفس عصر الفيلسوف الكبير. «إلاّ أنّك تحتقره، هو وفنّه، وربّما لا تدعوه مهندساً إلاّ للشتم، لن تزوّج ابنتك لابنه، ولن تتزوّج أنت من ابنته».

النصوص الأخرى متأخّرة أكثر لأنها تعود إلى بلوتارك، ويتعلّق أوّلها («مارسيلوس» XXI, Marcellus) بالتحديد ببعض مواقف أفلاطون. ونذكر دائماً أميو:

مذ ذاك، بعدما هاجمهم أفلاطون واتّهمهم بأنّهم أفسدوا ولوّثوا هيبة علم الهندسة وما امتاز به، بأن هبطوا بالأشياء الفكرية وغير الجسدية إلى مستوى الأشياء المادية والملموسة، إلى حيث يُستعمل الجسد عبر العمل اليدوي: مذ ذاك إذن، انفصل الميكانيك، أو فنّ المهندسين، عن علم الهندسة وأصبح، بعد أن احتقره الفلاسفة طويلاً، أحد الفنون العسكرية.

إنّه نوعاً ما تأويل للنصوص المذكورة أعلاه. الفقرة الثانية المأخوذة من حياة مارسيلوس تتعلّق بموقف أرخميدس («مارسيلوس»، XXVI).

كان أرخميدس يتمتّع بروح سامية جداً، بذهن عميق جداً وبغنى كبير في النظريات الهندسية لدرجة جعلته يرفض كتابة أيّ شيء يترك أثراً عن صنع تلك الآلات التي أعطته المجد (...)، حيث كان ينظر إلى الميكانيك وبشكل عام إلى كلّ فنّ يُمارس من أجل الحاجة كفنون حقيرة ووضيعة.

وهناك نصّ آخر معروف أيضاً، وفيه يحكم أرخميدس على آلات آبيوس Appius، ملازم لدى مارسيلوس، عند حصار سيراكيوس.

لم يأخذ أرخميدس بعين الاعتبار كثيراً كلّ هذه الآلات التي، بالفعل، لم تكن شيئاً قياساً إلى آلاته التي لم يكن ينظر إليها أكثر من كونها مجرد ألعاب هندسية، لم يضعها سوى في أوقات فراغه، ومعظمها بطلب من الملك هييرون Hieron، الذي كان يلزمه بتحويل فئة من الأشياء الفكرية البحتة نحو الأشياء المحسوسة وبجعل أفكاره نوعاً ما سهلة الإدراك وواضحة للعامة عبر تطبيقها بواسطة التجربة على أشياء قيد الاستعمال.

والنتيجة بديهية.

عبر رفضه لعلم الاختراع ووضع الآلات هذا، وبشكل عام لكلّ فنّ يتضمّن بعض إفادة في استعماله الوضيع، الحقير والمرتزق، استعمل ذهنه ودراسته فقط من أجل كتابة أمور لم يختلط فيها الجمال والذكاء بأيّ شكل مع الضرورة.

ومن ذلك يستنتج ب. شول P.M. Schulhl، مع أرسطو، أنّه بالنسبة لكلّ الفلاسفة، كانت حياة التأمّل أرفع من أعلى أشكال النشاط العملي التطبيقي. ويقدّر شول أنّ «أكبر المهندسين القدماء، أرخميدس، لم يتوصّل على ما يبدو إلى إقناع نفسه بشرعية أعماله الميكانيكية». ويشير إلى أنّ الحركة الفكرية التي ولدت في اليونان، لا سيّما مع أرخيتاس

وأودوكسوس Eudoxe، والتي كانت ملائمة من أجل ولادة تقنية علمية، عورضت عبر أرخميدس، تحت التأثير الأفلاطوني. وهكذا نرى التضاد بين العبد والحر يمتدّ إلى ما بين التقنية والعلم. «البحث عن تطبيقات عملية يعني الانحطاط، الهبوط، ولا يمكن قبوله إلاّ كشكل من أشكال التسلية والترفيه.» من ناحية أخرى اتّبع الرومان الموقف نفسه:

يعتبر سينيكا Sénèque أنّ الاختراعات المعاصرة له: استعمال الزجاج الشفّاف، مولدّ الحرارة (...) هي جميعاً عمل العبيد، عمل أذهان متمرسة، نفوس ثاقبة إذا أردتم، ولكن ليست نفوساً كبيرة، سامية، لأنّه من أجل البحث ينبغي حني الظهر، تحويل النفس نحو الأرض. إنّها عمل العقل، ولكن ليس العقل المستقيم: كلّ هذا البذخ في الاختراعات السطحية يخضع الروح للجسد، العبد الذي يصبح سيداً.

ويصل أ. إيمار، عبر طرق مختلفة، إلى نفس النتائج، ويتطابق وصفه لأرخميدس مع كل قيل عنه بشكل عام، ولكنّه يعطي بعض تفاصيل سنعود إليها. «كان يضرب جذوره في مثالية ارستقراطية، في الفخر بنبل العرق، في احتقار الثراء الذي يبعثر الطبقات، وفي احتقار التجارة التي كانت تنتج معظم حديثي الثراء الذين كانت وقاحتهم تثير حفيظته.» قد تكون هذه المثالية ساهمت بالحد من قيمة التقنيات، فهي تتضمّن في الحقيقة سلّماً بالنشاطات الضرورية للحياة الجماعية وتخصيص أدناها إلى الطبقات السفلى في المجتمع. في هذا الأمر شين فكري واجتماعي في آن واحد؛ العمل بالمادّة يؤدّي حتماً إلى روح وضيعة.

كون أفلاطون أظهر امتعاضه ازاء بعض الاستدلالات العملية لا يحتمل أدنى شك: إنّ حلّ مسألة مضاعفة المكعّب بواسطة آلة الميزولاب لا تبدو ولا يجب أن تبدو للعالم كخطوة معقولة، كخطوة صادرة عن ذهن طبيعي. إنّ الاستدلال الهندسي مختلف تماماً؛ وقد فهم مهندسو الاسكندرية هذا الأمر جيّداً عندما اجتهدوا، من خلال تمارين علمية بحتة، في إظهار معرفتهم التامّة لفضائل المنطق الاستدلالي. كان يجب الفصل بوضوح بين مجالين، متقاربين في كثير من الحالات بالطبع، ولكن يتبعان منطقين مختلفين. إلاّ أنّ الأمر لم يكن كذلك بالطبع بالنسبة للفيزياء: لقد فهم أرخميدس هذا الأمر والعلاقة بين العلم البحث والاختبار التقني لم يكن بالإمكان قطعها وإن حدث هذا الأمر بالنسبة لعلم الهندسة. لقد اقتصر أفلاطون على تقليد التقنيات القديمة التي لا تقبل بأكثر من المسطرة والبركار: لقد كانا الأداتين اللتين تنبثق عنهما نتائج منطقية، نتائج يراها الحدس العقلاني ويفهمها على الفور. أمّا الميزولاب فكان شيئاً آخر: كان يعطي الحلّ دون أن يدع الذهن يفهم نمط التفكير ويلمسه؛ هنا كان يكمن الخطأ. للوصول إلى هندسة كهندسة إقليدس، أي إلى بناء متجانس وكلّي، كان يجب التركيز على توسّع منطقي وليس على بناء ميكانيكي. من هنا كان من

البديهي الفصل بين العلم والتقنية، بين الميكانيك والهندسة؛ منذ أن توقّف العلم عن كونه أحد عناصر التقنيات، منذ أن اكتسب غايته الخاصّة، أصبح هذا الفصل حتمياً. ويرى أوديم Eudème جدارة فيتاغورس الكبيرة في كونه جعل من الرياضيات مادّة حرّة عندما درسها من وجهة نظر عقلانية وغير مادّية. لم يكن بوسع الحساب والهندسة أن يستقلاّ ويتكوّنا كعلم بحت إلاّ بانفصالهما عن التقنية التي كانت قد أوجدتهما.

المسألة الثانية يتعلّق جزء منها بالمسألة السابقة، وجزء بالتالية، إنّها مسألة احتقار الإغريق للعمل اليدوي. في الواقع، بالنسبة للطبقات العليا ـ والعلماء والفلاسفة، كما يذكر أ. إيمار، كانوا ينتمون إلى الطبقات العليا ـ قد يكون الأمر عبارة عن موقف فكري، نابع من ممارسة علم بحت، منطقي واستدلالي، ازاء نشاطات تجريبية هي عمل اليد وليس الذهن. ومن الممكن أيضاً، كما أشرنا، أن يكون وجود الرقيق قد حطّ من قدر العمليات المادية، وهي النشاط الوحيد أو تقريباً الوحيد لدى العبيد.

لدينا هنا ملاحظة أولى هي أنّ رفض المفكّرين لعالم مادّي معيّن لم يكن موقفاً من الفترة القديمة فقط، فقد وجد في أوقات أخرى وفي أماكن أخرى دون أن يضع عائقاً أمام الفكر التقني.

الملاحظة الثانية قد تكون أهمّ: في الواقع نجد أنفسنا ازاء ثلاث شهادات، تصدر اثنتان منها عن فيلسوفين، والشهادة الأخيرة عن عالم كان أيضاً تقنياً كبيراً. هل يكفي لثلاث شهادات أن تترجم رأياً عامّاً، مهما بلغت درجت قيمتها؟ يجدر بالمؤرّخ أن يبحث ما إذا وجدت شهادات تذهب في الاتجاه المعاكس، وخاصّة في الأحداث. تجاه أفلاطون وأرسطو من الممكن ذكر قانون وضع في سولون Solon يجبر كلّ أثيني أن يعلّم مهنة لابنه، دون أن يهمل أبداً المهن اليدوية. وفي أثينا أيضاً كان يوجد قانون يعاقب كلّ من يعيب على المواطن مهنته. ويذكر المؤرّخ غلوتز Glotz أنّ أثينا وكورنثيا كانتا المدينتين الوحيدتين اللتين لم تحتقرا العمل اليدوي. هذا الاحتقار نجده في تيبس، في تسبيس Thespis وفي اسبرطة حيث كانت التطوّرات التقنية بالفعل أقلّ درجة. بالطبع من الممكن الردّ أنّ هذه القوانين وضعت قبل أرسطو وأفلاطون وأنّها صدرت في وقت كان فيه التطوّر التقني، بالتحديد، ما يزال واضحاً.

وهناك أيضاً شيء آخر، لقد سبق أن ذكرنا بعض جمل من أ. إيمار: «الثراء الذي يبعثر الطبقات، التجارة التي كانت تنتج معظم حديثي الثراء الذين كانت وقاحتهم تثير الحفيظة». أليس من الممكن أن يكون الأمر عبارة عن موقف للمثقفين تجاه عالم يلتفت إلى التقنيات المادّية، أي ردّ فعل تجاه ميول في طور التأكّد. وإذا كان أفلاطون يرفض تزويج ابنته من إبن

المهندس، أليس لأنّ مثل هذه الزيجات كانت تحدث؟ على أيّ حال معلوماتنا بهذا الصدد مبعثرة وقليلة ولا تسمح لنا أن نستخلص أكثر من فرضيات. لا شك في أنّ الرجال الذين اضطلعوا بمسؤولية العالم المادّي لفتوا النظر إلى مسائل كانوا يلتقون بها يومياً وساعدوا من كان باستطاعتهم أن يعطوهم القوّة والازدهار، أي التقنيين. من الناحية الأخرى ليس من المستبعد أن يكون واضعو «عالم أفضل» قد لجأوا إلى تجرّدية مبدئية: وهذا موقف نراه، مرّة ثانية، في أزمان أخرى وفي أماكن أخرى.

يبقى الرقيق، ولكن هنا يمكن تقديم تفكيرين اثنين. أوّلاً كان عدم كفاية الوسائل التقنية يجبر على إبقاء الاستعباد؛ فمع غياب مصادر الطاقة الطبيعية الكافية والافتقار إلى المكننة، كان العصر القديم الإغريقي، وبعده العصر القديم الروماني، مضطراً لاستدعاء العبيد كيد عاملة. أمّا التفكير المعاكس فيبدو على نفس الدرجة من المنطقية: إنّ وجود الاستعباد أعاق التطوّر التقني من حيث أنّه مع وجود اليد العاملة المستعبدة، لا حاجة إلى تقنيات متطوّرة توفّر العمل.

أ. إيمار يعرض لنا الفكرتين، وينطلق برهانه من تفكير معروف لأرسطو. في بداية كتابه «السياسة»، يقول أرسطو أن الاستعباد يتوقّف عن الوجود في حال أمكن تشغيل المكّوك والمضراب مثلاً من تلقاء نفسهما. ولم يقل أنّ الاستعباد يمنع المكّوك والمضراب من أن يتحرّكا بنفسهما.

ويتابع أ. إيمار:

عندما شعر القدماء بالعلاقة بين الأمرين، رأوا السبب في الأوّل، غياب الآلات، والنتيجة في الآخر، الاستعباد. كما يمكن الافتراض أنّ النبهاء بينهم، والقلقين أيضاً، وجدوا في هذه العلاقة بين السبب والنتيجة ما يريح ضميرهم، لأنّها كانت تسمح لهم بالنظر إلى الاستعباد، غير المبرّر من حيث مبدئه، كضرورة لا مفرّ منها بالنسبة للحياة الجماعية.

لكن مؤرّخ العصر الإغريقي القديم كان يعتبر هذا التفسير التقليدي معارضاً مع «سلوك القدماء نفسه» أزاء ما نسمّيه التطوّر التقني.

أبعد من أن يتجاهلوا المعلومات التقنية أو التجهيزات العملية التي سمحت لهم بيدئه، ثمّ بمتابعته، تخلّوا عمداً عن تشغيلها بغية توفير العمل البشري بالإنتاج الأكثر والأسرع. إذن لم يكن غياب هذه الآلات يشكّل حدثاً أوّل بذاته يحقّ لنا أن نفسّر انطلاقاً منه وجود الاستعباد.

إذن كان يجب إيجاد السبب، أو الأسباب الكامنة وراء هذا الرفض المتعمّد. وأحدها قد يكون احتقار الأعمال اليدوية، وقد توصّل إيمار، بعد أن تعرّف إلى موقف أرسطو، إلى

التفسير المخالف تماماً: «لا يجب اعتبار الاستعباد كنتيجة لغياب الآلات، بل على العكس هذا الأخير هو ما يتبدّى للمؤرّخ كنتيجة للاستعباد.».

ويزداد حلّ المسألة صعوبة. هل كان من الضروري الأخذ بهذا الرأي الأخير؟ يقول أرسطو أنّ الاستعباد كان نتيجة النواقص التقنية، فلماذا نقلب تفسيره بحجّة أنّه لا يتّفق مع ذهنية ذلك العصر ونستخلص أنّ الإعاقة التقنية هي نتيجة الاستعباد؟ إنّ معرفتنا بالرقّ في العصر القديم ما تزال ضئيلة ولا تسمح لنا باعطاء حكم أكيد. وحدها إذن بعض التفكيرات المسبقة قد تضعنا على الدرب الذي يجب سبره حتّى النهاية. لقد ذكر المؤرّخ ج. إيلّول J. Ellul أنّنا شهدنا تطوّرات تقنية في بعض الحضارات التي عرفت الرقّ، في مصر مثلاً، أكبر منها في حضارات أخرى كانت تجهله تقريباً، مثل إسرائيل؛ كما حدث في فترة الرقّ في التاريخ الروماني تطوّر أكبر بكثير منه في فترة العتق الكبيرة؛ ولم ينتج عن تحرير العبيد خلال الغزوات أيّ تطوّر تقني يُذكر.

كما يمكن لوجهة النظر الاقتصادية أن تعطينا بعض الأفكار. حتّى في مجال الأعمال الشاقّة، لنأخذ مثلاً المناجم، كانت مضاعفة عدد العبيد، بسبب الافتقار إلى المكننة، تؤدّي إلى استثمارات أقلّ من ناحية المردود منها في حال الحصول على تقنيات توفّر اليد العاملة. وحتّى في الميدان الحرفي، كان العبد ذو القيمة المهنية الجيّدة يمثّل رصيداً مهمّاً كان من الأحسن توفيره؛ هذا الرصيد، يشير أيضاً ج. إيلّول، من مصلحتنا «أن لا نفقده، أن لا نستعمله كيفما اتّفق، وإذا استطعنا جعل عمله أكثر فعالية وأقل تعباً، ففي مصلحة السيّد أن يسهر على هذا الأمر، كما يظهر لنا كاتون Caton».

إذن تجاه فكرة الوقف التقني بسبب وجود الرقّ، نعود إلى الحكم الذي قدّمه إيلّول: «في الحقيقة نحن هنا بمعرض أحد التفسيرات السهلة، المذهلة واللا تاريخية التي اعتاد عليها مبرّرو النظريات.».

يبدو من الضروري إذن تحديد المسألة بشكل آخر والإحاطة ببعض عناصرها. ما يزال المؤلّفون المعاصرون منقسمين حول التطوّر الذي عرفته التقنيات في فترات لم تتحدّد بعد بوضوح. بالنسبة لڤيرنان J.-P. Vernant، أخذ الإغريق معلوماتهم التقنية عن الشرق، في تاريخ قديم، ولم يغيّروا فيها بواسطة اكتشافات جديدة. «إنّ التجديدات أو التحسينات التي أدخلوها في بعض الميادين لم تتجاوز نطاق النظام التكنولوجي الثابت أساساً منذ العهد الكلاسيكي.» هنا نرى التباسات زمنية؛ بالطبع سبق أن كان بمتناول الإغريق كما ذكرنا تقنيات متطوّرة جاءت من الشرق أو من مصر، لكن لا يمكن الإنكار أنّه انطلاقاً من القرن السادس ق. م، حصل عدد من التعديلات في مجالات محدّدة، وتعديلات عميقة هي عبارة

عن تطوّرات مهمّة بالنسبة لتلك التقنيات: كنّا بصدد اختراع، بالمعنى الكامل للكلمة، وبديهي أيضاً أنّ النظام التقني الكلاسيكي تشكّل عند بداية القرن الثالث ق. م. ما قام به الاسكندرانيون هو نوع من التقنين، وحتّى التحسين في بعض التقنيات، ولكن لم يعد يحصل تحوّلات كبيرة. وما نراه هو أنّ الإغريق ساهموا كثيراً بين القرنين السادس والثالث ق. م، في المجال التقني. إذن يمكن اعتبار التوقّف حدث بعد مجهود التأليف الذي قامت به مدرسة الاسكندرية.

هناك نقطة ثانية لا تقلّ أهميّة. إذا كان هناك من رفض ما، كما يقدّر بعض المؤرّخين، فينبغي تحديد ماذا رُفض. إذن الاتّهام هنا يطال طبيعة التوقّف، ويمكننا الإشارة، بهذا الصدد، إلى موقفين مختلفين في الروح، ولكن يلتقيان ويتمّمان بعضهما. لقد ولدت فكرة التوقّف التقني، كما عند بعض المؤلّفين، من الشعور بأنّ الإغريق كانوا يتمتّعون بكلّ العناصر الضرورية من أجل تحقيق تطوّرات تقنية كبيرة. لنذكر أيضاً أ. إيمار:

لقد كان لدى الإغريق الروح العلمية الحقيقية وكان يعود إليهم فقط أمر التطبيق العملي لمبادىء اكتشفتها أبحاثهم وطرق تفكيرهم (...). أكثر من هذا، لقد بدؤوا بتطبيقها، لإرضاء الملوك أو للدفاع عن سيراكيوس ضدّ الرومان (...). إنّ خطأ العصر القديم لم يكمن في الجهل، بل في الرفض.

بعض المؤلّفين المعاصرين ما زال يعتبر أنّه «كان بالإمكان تحقيق تطوّر الآلية بشكل منطقي». ينبغي عندئذ طرح السؤال ما إذا كانت الأدوات الفكرية التي امتلكها الإغريق تسمح لهم بالرقي في مجال التطور التقني. قد يكون من غير المجدي أن نحدّد أيضاً وأيضاً أنّ كرة هارون الاسكندراني لم يكن أبداً بوسعها أن تؤدّي إلى مكنة البخار؛ فهذه المكنة ولدت انطلاقاً من معرفة الفراغ، التكاثف والضغط الجوّي، وكلّها مفاهيم لم يعرفها الإغريق. وهنا ربّما يبدو لنا رمز لسوء تأويل النصوص. الشيء نفسه بالنسبة للنظام الساعد ـ الرائد الذي لم يعرفه العصر القديم والذي يكمن خلف كلّ آلية متطوّرة: كذلك لم تكتشفه العصور الوسطى، حيث لم يعد هناك من رقيق. من العبث أن نتساءل لماذا أوالية سهلة المبدأ كهذه لم تكشف في وقت مبكر أكثر؛ إنّ الالتباسات بين الحركة الرحوية (الدائرية) والحركة المستقيمة لم تُرفع قبل عصر النهضة. كما كان غياب علم القوى من النظام العلمي الإغريقي يعيق تطوّر الآلية بشكل كبير. رافعات، بكرات، خنزيرات، عجلات مسنّنة، تخفيف للسرعة، كلّ ما يمكن استخلاصه من الفيزياء الإغريقية تمّ وضعه، وبالتحديد بين القرنين السادس والثالث ق. م، وكان يمثّل فعلاً تطوّراً مهمّاً. الشجرة ذات الحدبات التي استعملها هارون الاسكندراني لم يكن لها تطبيقات عملية. أخيراً ينبغي تحديد التطبيقات

التي كانت ممكنة بواسطة العلم الإغريقي، لا شك في أنّ القليل منها يختلف عمّا تمّ ابتكاره.

كان يوجد، على الصعيد المادي البحت، مصاعب من نوع آخر. لم تكن البلدان المتوسّطية، وخاصّة اليونان، تتمتّع سوى بكمّية محدودة من الموارد. بالنسبة للمعادن، كان الإغريق يعتمدون على ما يستوردونه من الخارج وأحياناً من البعيد، وكان يحصل أن تنقطع الطرقات بعض المرّات. الشيء نفسه بالنسبة للخشب، النادر، صعب التجديد، وغالباً ملوي وكثير العقد؛ كان هذا النقص في الخشب مشكلة في الوقت نفسه بالنسبة للمواد وبالنسبة للطاقة الحرارية. كما نعرف ـ ويظهر هذا بوضوح في تاريخ التقْنيات في القرنين السادس عشر والثامن عشر ـ أنّ الآلية الحقيقية، أو على الأقلّ الآلية المتطوّرة، هي غير ممكنة دون استعمال المعدن. أمّا نقص الماء فلم يسمح بتعميم استعمال القوّة الهيدرولية (المائية)، وبالنسبة للنير، لقد كان من جهة مشروطاً بتطوّر تربية الماشية ومن جهة أخرى بوجود شبكة طرقات كثيفة لم تكن تسمح بها تجزئة المناطق وتدنّي مستوى المدن المالي. كما أنّ النقل على ظهر الحيوانات بقي معتمداً طويلاً، حتّى القرون الوسطى: إنّ عدم وجود المقدّم المُتحرّك، وهو اختراع أحدث بكثير، جعل النقل الثقيل تقريباً مستحيلاً، أقلّه للمسافات البعيدة.

إلى هذه الاستحالات العلمية وهذه المصاعب المادية يضيف ڤيرنان مجموعة أخيرة من التفسيرات. بالطبع، في القرن السادس ق. م، كانت علمنة التقنيات أمراً مفروغاً منه، فقد تحررّت نهائياً من السحر ومن الأديان. يحدّد إسبيناس Espinas عند بداية القرن الخامس ق. م المنعطف الذي انتُقل عبره من تقنية غير واعية لنفسها إلى تكنولوجيا حقيقية، كما يحدّد في حركة السفسطائيين أوّل مجهود للفكر التقني لأن يرتسم ويتأكّد. ومن هنا نشأت حركتان: حركة توضيح نظري لبعض المسائل التقنية، كما نجد عند أرسطو المزيّف وعند ميكانيكيي الاسكندرية، وحركة تقنين وتعليم للقواعد والوصفات تترجمت عبر ظهور «الكتب المرشدة». إذا كان بالإمكان توسيع الحركة الثانية، على الأقلّ في بعض المجالات التقنية التي سمحت بهذا التقنين، وهذا لا ينطبق على التقنيات الحرفية، فإنّه كان صعباً بالنسبة للحركة الأولى أن تستند إلى علم كان ما يزال استعماله صعباً وناقصاً. لقد أشرنا كيف أنّ غياب علم القوى، الذي أعيق ربّما بسبب حجج زينون الإيلي Zénon d'Elée، كان كابحاً قوياً. وركّز فيلون البيزنطي على استحالة إدارة البحث التقني بمجرّد التفكير والاستدلال، كما يقول ڤيرنان أنّه ربّما لهذا السبب، وليس عن نزعة ارستقراطية، لم يكتب أرخميدس شيئاً في التقنيات. لا يمكن لتقنية متطوّرة أن تكون سوى تسوية بين النظرية

والتجربة، وكان الاتصال بينهما رديئاً آنذاك. ويرى الكاتب نفسه أن سلاسل الحركة الخمس عند هارون شكّلا نظاماً مترابطاً، مغلقاً ولا يقبل التجديد أو التطوّر. وجاءت خلاصات ڤيرنان قطعية:

(التقنية الإغريقية) لم تملك بعد الخصائص التي تحدّد بنظرنا الذكاء التقني والتي تؤسّس ديناميته. إنّها لا تتّصل بالعلم أو تتّصل بشكل رديء، كما أنّها تتجاهل الفكر الاختباري. وبسبب إخفاقها في وضع مفاهيم قانون طبيعي وأوالية فيزيائية وبراعة تقنية، فإنّها تفتقر إلى إطار تصوّري كان ضمن لها التطوّر.

وبعد استنكاره الفكر التقني عند السفسطائيين، ينهي كلامه بالقول: «إنّ الركود التقني عند الإغريق يترافق مع غياب فكر تقني حقيقي.».

هل يُفترض بنا عندئذ أن نتعجّب، دون الإشارة إلى المواقف الفكرية أو وجود الرقّ في المجتمعات، من أنّ الإغريق وجدوا، في وقت من الأوقات، في نوع من مأزق تقني، وهذا لأسباب عائدة إلى التقنية نفسها؟ ينبغي أيضاً معرفة ما إذا كان باستطاعة الأنظمة الأخرى أو البنيات الأخرى أن تكشف حدود هذا النظام التقني وأن تجري التحوّلات اللازمة فيه. لقد رأينا أنّ تشكيل الاسكندر لامبراطورية كبيرة وبالتالي تكوين ملكيّات ممتدّة وقوية سهّلا، ليس في حدوث تحوّل، بل توسّع في التقنيات المكتسبة مسبقاً، أي في نوع من التنظيم والتحسين. وقلّما كان الاقتصاد الضعيف والديموغرافية الثابتة نسبياً ملائمين لتطوّر تقني. إنّ الشروط العامّة من أجل تحقيق تحوّل تقني لم تكن مجتمعة، بل كانت أبعد من أن تجتمع.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

في الواقع، باستثناء بعض النصوص، قلّما نجد أعمالاً كرّست للتقنيات الإغريقية. كلّ المؤلّفات تقريباً تغطّي ما يطلق عليه اسم العصر القديم، الذي ينطلق من بلاد ما بين النهرين أو من مصر حتّى اليونان وروما، ولقد ذكرناها في باقي البيبليوغرافيات. هنا نقتصر على ذكر الأعمال الحديثة أو الإضافية.

من المهم أن نأخذ فكرة عن بعض الكتب حول العلم الإغريقي:

ب. فارنغتون، «La science grecque», B. Farrington، باريس 1967.

أ. راي «La Jeunesse de la science grecque», A. Rey، باريس 1933.

أ. راي، «La Maturité de la pensée scientifique en Grèce»، باريس، 1939.

أ. راي، «L'Apogée de la science technique grecque»، باريس، 1946-1948.

ل. روبان «La Pensée grecque et les origines de L'esprit scientifique», Robin، باريس، 1923.

وهناك كتاب قديم قليلاً لكنّه مفيد:

أ. دي روشا «La Science des philosophes et l'art des thaumaturges dans l'Antiquité» باريس 1912 .

كما نجد مجموعة جيدة من المقالات تطال العلاقات بين العلم والتقنية:

ج. ب. ڤيرنان، «Mythe et pensée chez les Grecs» ، باريس، 1971.

أحد المشاكل الأساسية كان تجميع ونشر النصوص العديدة التي تشكّل مصدراً مهمّاً جدّاً لتاريخ التقنيات:

ج. بوجو «La Littérature technique des Grecs et des Romains», J. Beaujeu، ضمن «Actes du Congrés G. Budé»، ص 21-88,1948.

بعض الأعمال تبقى أساسية رغم تاريخها:

هـ. بلومنر، «Technologie und Terminologie der Gewerbe und denr Künste bei den Griechen und den Römerne 4 مجلّدات، ليبزيغ، 1875-1886.

ك. ميشالوسكي K. Michalowski, «Technika Grecka» (بالبولندية)، وارسو، 1959.

أ. نوبيرغر A. Neuberger, «Die Technik des Altertums»، ليبزيغ، 1921.

فيما يتعلّق بالتقنيات الميكانيكية والأعمال الكبيرة:

أ. ج. دراكمان، «Ktesibios, Philon and Heron. A Study of ancient Pneumatics»، كوبنهاغن، 1948. أ. ج. دراكمان، «The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity»، كوبنهاغن، 1963.

ب. جيل، «Les Mécaniciens grecs»، باريس، 1978.

س. مركل «Die Ingenieur Technik in Altertum»، برلين، 1899.

سبراغ دوكامب Sprague Du Camp, «Die Ingenieur der Antike»، دسلدورف، 1968.

حول التقنيات العسكرية:

ف. أدكوك F. E. Adcock, «The Greek and Macedonian Art of War»، بركلي، 1957.

غارلان Y. Garlan, «La Guerre dans l'Antiquité»، باريس، 1972.

غارلان، «Recherches de poliorcetique grecque»، باريس، 1974.

أ. ب. هوفماير A. B. Hoffmeyer, «Antikens Artillery»، بون، 1958.

مارسدين E. W. Marsden, «Greek and Roman Artillery»، مجلّدان، أوكسفورد، 1969 و 1971.

ف. وينتر F. E. Winter, «Greek Fortifications»، لندن، 1971.

حول البناء:

ر. مارتان R. Martin, «Manuel d'archéologie grecque»، باريس، 1965.

أ. أورلاندوس A. K. Orlandos

« Les Matériaux de construction et la technique architecturale des anciens Grecs», مجلّدان، باريس، 1968.

حول صناعة السفن:

ب. دوفال P. M. Duval، «Du navire grec au navire romain»، ضمن «Mélanges Ch. Picard»، باريس، 1949.

ب. جيل، «Les Navires à rames de l'Antiquité: Trières grecques et liburnes romaines»، باريس، 1965.

الفصل الرابع

الرومان وأخلافهم

يبدو أنّ النظام التقني الذي وضعه الإغريق بقي بمجمله متجمّداً على عدّة قرون، وإذا كنّا نلاحظ بعض التجديدات فإنّها تبدو صغيرة وهامشية، ولم تغيّر على أيّ حال وفي أيّ ميدان في النتائج المكتسبة. كذلك الاختفاء، السريع نسبياً، للرقيق وصعود الحضارة الجزئي نحو الشمال، أي نحو مناطق تتمتّع بموارد أغنى بكثير، لم يغيّرا الموقف. واستمرار التقاليد نفسها هو دليل واضح.

في مجال التقنيات لم يكن الرومان مجدّدين، وقد اهتمّ المؤرّخ ب. م. دوفال P.M.Duval بوضع قائمة «بالاختراعات» الرومانية، قصيرة ومحدودة نسبياً وأيضاً عرضة للنقاش حول تجديدات غير أكيدة: عقد القبّة، الجسر المائي، الزجاج ظهرت فعلاً في العصر الروماني. الشيء نفسه بالنسبة لبعض الأدوات، وهنا ناحية قد تكون أهم، والشكّ يزيد في ما يتعلّق بالقبّان، بالمكبس اللولبي ذي المفعول المباشر وبالقوس ذي فرضة التوقيف. وقد ذكر استعمال الأسمدة الكيماوية، الشمع، الباب الحديدي، كتاب دستور الأدوية والاختزال، نضيف الطاحونة المائية. لا يمكن إغفال كلّ هذا، لكنّنا لا نرى تحوّلاً للنظام التقني الذي وضعه الإغريق وأسلافهم الشرقيون أو المصريون. نشير أخيراً أنّه ليس من الضروري أن يكون كلّ شيء رومانياً بين هذه الاختراعات وأنّه ربّما ساهمت الشعوب المحكومة بهذا المجهود كثيراً.

إنّ النجاح الروماني مسلّم به بشكل عام: وما يزال يثير حماس عدد من المؤلّفين، أحياناً نفس المؤلّفين الذين تكلّموا عن تجمّد في التقنيات الإغريقية. هذا «النجاح» يعود كثيراً بالطبع إلى ما نراه من آثار لتلك الحضارة: هذه المدن المنظّمة، الآثار الرائعة، مثل البانتيون في روما وجسر غار Gard، كلّ أقواس النصر، ما تزال تثير الإعجاب وتشهد على تمكّن شبه تام من العالم المادّي. وأكثر من هذا، كلّ هذا التنظيم للأمكنة والمواصلات الذي أعطى الامبراطورية قيمة وأبعاداً كبيرة وما يزال يشكّل أساس ما سمّي «العبقرية الرومانية».

الظروف والبيئة

ينبغي تحليل العناصر التي تكوّن النظام التقني الروماني، وأن نميّز منها ما يفصله عن النظام الإغريقي، إذن ينبغي أوّلاً وضع جدول بظروف ومحيط هذا النظام التقني الروماني.

تلاميذ يقظون ومراقبة ممتازة

حتّى عهد متقدّم نسبياً عرف الرومان، وهم أساساً شعب مزارع، التقنيات الزراعية التي كانت ميدان كلّ منطقة البحر الأبيض المتوسّط. وسمحت لهم غزواتهم بالاحتكاك مع حضارات تقنية أكثر تطوّراً من حضارتهم. وانطلاقاً من القرن الأوّل ق. م اكتشفوا عبر هذه الغزوات زراعات تختلف ظروفها الطبيعية عن ظروف زراعات الحوض المتوسّطي؛ أراض أكثف، غابات أغنى، مياه جارية ومناخات ممطرة. كما تعرّفوا عبر صقلّية على العالم الهلّيني، وعبر قرطاجة على مزيج من الحضارات. بعد ذلك جاء دور اسبانيا، الغال، وقسم من جرمانيا. إذن أصبحت الحضارة الرومانية نوعاً من بؤرة تذوب فيها حضارات متنوّعة، دون أن تُطبّق كلّ عناصرها بالضرورة في مختلف أجزاء العالم الروماني.

لقد كان الرومان حتماً تلامذة يقظين ومراقبين ممتازين؛ وكان اهتمامهم الحقيقي أن يستوعبوا قبل انتشارهُم كلّ التقنيات التي لا يعرفونها والتي تسمح لهم باستثمار امبراطوريتهم الكبيرة. وربّما لم يكن الأمر عبارة عن مجرّد استيعاب بل أيضاً تحسينات على درجة متفاوتة من التقدّم.

كونهم لم يجدّدوا كثيراً، ولكن نفّذوا بطريقة جيّدة، قلّما اهتمّ الرومان بالكتابة في مجال التقنيات، هكذا نجد عدداً ضئيلاً من المؤلّفين الذين أظهروا موهبتهم في هذا الميدان لكنّ أيّاً منهم لم يحاول تحقيق موسوعات كالتي اهتمّ بها الإغريق. بمجمله يتضمّن هذا الأدب التقني اللاتيني تكريماً صادقاً لباقي الحضارات التقنية والتي يدين لها الرومان بالكثير. ولكونه تقنياً ضعيف المستوى، يشعر اللاتيني بالحاجة إلى الاستناد على الآخرين كما إلى إظهار معرفته. وعلى الفور نلمس ميّزات هذا الأدب الخاصّة، إنّه عبارة عن إدخال قواعد تقنية ضمن تنظيم عام أكثر منه تكنولوجيا بحتة.

لا تدهشنا وفرة الأدب الزراعي، الذي أصبح مدروساً جيّداً آنذاك. وهناك أكثر من مصدر لهذه المؤلّفات، الأوّل يبدو أنّه كان من قرطاجة التي نعرف، عبر كولوميللا Columelle، أنّها حوت العديد من المؤلّفين الزراعيين أشهرهم ماغون Magon الذي تُرجم وقُرىء في روما. يبدو أنّ ماغون تناول الزراعة بشكل عام وربّما لأنّه كان عامّاً ولم يقتصر عند زراعة لمناخ معيّن، وجد الرومان في مؤلّفه دليلاً عملياً حقيقياً.

من جهة أخرى يذكر كولوميللا أربعين خبيراً زراعياً إغريقياً، وڤارون Varron يذكر خمسين، إذن كان الأدب الإغريقي في مجال الزراعة أكثر من غزير. ونعرف أنّه باستثناء بعض أعمال هسيود وكزينوفون، لم يصلنا الشيء الكثير. لا شك في أنّهما ذكرا مؤلّفين إغريقيين لا يمتون إلى الزراعة سوى بصلة بعيدة كي يظهرا أنّهما قرآ كلّ شيء: هكذا مثلاً عندما ذكرا أرسطو. ومن المحتمل أن يكون الرومان قد تعرّفوا على العلم الزراعي الهلّيني بواسطة المؤلّفين الصقلّيين (وعددهم أربعة).

إنّ أولى الدراسات الزراعية تعود إلى القرن الثاني ق. م، وهي دراسات كاتون وسارسينا Sarsena الأب والابن وقد فُقدت أعمالهما، لكنّها حتماً قريبة من أعمال الأوّل. وكما يشير المؤرّخ ر. مارتان R. Martin إلى أنّها لم تكن أبداً دراسات زراعية بحتة، بل كانت أقرب إلى «الدور الريفية» التي اشتهرت انطلاقاً من القرن السادس عشر الميلادي، دون أيّ زعم علمي، أي خليط من وصفات تعطي مختلف الإرشادات العملية للمالك الذي تواجهه يومياً آلاف المسائل المتعلّقة بأرضه. لم ينجح كاتون إلاّ بفضل شخصيته وڤارون كان يعتبر عمله غير كاف.

نمرّ بشكل أسرع على فرجيل Virgile، وهو شاعر أكثر منه خبير زراعي، لكنّ نصّه يكشف عن زراعة لسهل البو Pô، أغنى ومتقدّمة تقنياً أكثر. بعد قسم كبير كُرّس للاقتصاد الاقطاعي، تتناول دراسة ڤارون الزراعة البحتة من وجهة نظر تقنية. الكتاب II مكرّس لتربية الماشية، الكتاب III لمختلف أنواع التربية المختصّة (تربية النحل، تربية الأسماك، الطرائد). ويشغل القسم التقني مكاناً محدوداً.

أمّا كنيوس تريميليوس سكروفا Cneius Tremelius Scrofa، الذي لم يصلنا مؤلّفه، فربّما كان أكبر الخبراء الزراعيين اللاتينيين. لقد أطرى عليه ڤارون كثيراً، وقد قدّم روحاً جديدة «لا نبالغ إن وصفناها بالعقلانية وبالعلمية»، ومن هنا قريبة أكثر من كاتون من التقنيات الهلّينية. كانت الزراعة بالنسبة له «ars»، أي تقنية وعلم في آن واحد، يستلزمان معلومات دقيقة ودراسات عميقة. إنّه يقدّم لكولوميللا ويفتتح «العلم» الزراعي في روما. إن سكروفا يمثّل، بمفهومه للتقنيات الزراعية، منعطفاً هامّاً.

كولوميللا حاول إنقاذ الزراعة اللاتينية، وبحثه يبدو منشوراً وطنياً حقيقياً. كان يجب بأيّ شكل الحدّ من العقم المتزايد في تربة إيطاليا، ومن انحسار ليس تقنياً فحسب بل أيضاً اقتصادياً واجتماعياً. وقد رأى أن الهواية في الزراعة لم تعد كافية، بل يجب تثقيف المالكين حين لم يكن في روما وسائل تعليمية في مجال الزراعة. كلّ هذا للوصول إلى الاستثمارات الكبيرة وهي أساس كلّ تنظيم جيّد وتقنية جيّدة.

سوف نأخذ، مفصّلاً أكثر، ما تعلّمناه من الخبراء الزراعيين اللاتينيين على المستوى التقني. كي نتبيّن ما يميّزهم كان يجب معرفة أسلافهم وهذا ما ينقصنا بدرجة كبيرة، لكن ما يبدو، وهذه مجرّد فرضية، أن الخبراء اللاتينيين كانوا بمعظمهم مصنّفين: على كلّ نقطة درسوها أضافوا التحسينات والتطويرات المهمّة. لكن من المستبعد أن تكون هذه التحسينات وهذه التطويرات قد قلبت النظام التقني السابق.

إن التاريخ الطبيعي عند بليني Pline القديم يشكّل عملاً ذا طابع خاص، إنّه ليس بحثاً تقنياً ولا يريد أن يكونه: إنّه مجموعة مشاهدات، ويتضمّن أحياناً بعض النصائح. إنّه بالطبع أغنى بالنسبة لتاريخ التقنيات منه بالنسبة لتاريخ الفكر التقني، وفيه نجد قليلاً تلك الطريقة التي اعتمدها الكثير من المؤلّفين التقنيين اللاتينيين. «20 000 فعل جدير بالاهتمام، مأخوذة عن قراءة حوالي 2000 مجلّد، عن مئة مؤلّف مختار، جمعت في ستّة وثلاثين كتاباً، مع إضافة مجموعة من الأحداث لم يعرفها السابقون أو اكتشفها اللاحقون.» هذه الجملة المأخوذة من المقدّمة تعطينا فكرة عن طريقة عمل معظم المؤلّفين اللاتينيين: معرفة هائلة، مشاهدة متقنة تكمل المجموعة، ولكن دائماً مجموعة وقليل من المعرفة المنهجية.

كان ڤيتروڤيوس Vitruve، مؤلّف كتاب De architectura، يعيش في روما في عهد أغسطس. كما فعل بليني، ولكن في مجال أصغر بالطبع، أراد ڤيتروڤيوس أن يكتب نوعاً من «خلاصة» في الهندسة المعمارية، في نوع من الهندسة المعمارية، أوّلاً بوضعه في بوتقة واحدة المواد التي درسها أسلافه كلّ على حدة، ثمّ بتلخيصها، كما قال، لتسهيل قراءتها ليس بالنسبة للمعماريين، للمحترفين وحسب، بل أيضاً لكلّ من يهتمّ بهذه المادّة. لقد بحث ڤيتروڤيوس، كما فعل غيره من المؤلّفين الذين ذكرناهم، في أفضل المصادر الإغريقية، ويذكرها مع نفس صدق الآخرين، كما تعرّفنا عبره إلى أعمال اختفت اليوم. كتبه الأخيرة، لا سيّما الكتاب X المكرّس للآلات، المدنية والعسكرية، تبدو كأنّها ملخّصات لكتابات غزيرة لدينا القسم الأكبر منها، ويقترب هذا الكتاب العاشر من دراسة أثينية Athénée. إذن نلمس هنا ميل كلّ هؤلاء المؤلّفين اللاتينيين لتجميع ما يمكنهم من الميراث القديم، لا سيّما الهلّيني، الذي حصلوا عليه. وقد يدهشنا محتوى كتاب ڤيتروڤيوس: في مجال الهندسة المعمارية، لا نجده كاملاً وهناك الكثير من الصروح لم تُذكر فيه، خاصّة تلك التي صنعت مجد العمارة الرومانية (أقواس النصر، المسرح، إلخ.). بالمقابل نجد الآلات الحربية، ولا يمكن اعتبارها عمارة بالمعنى الحقيقي، تشغل القسم الأكبر من الكتاب الأخير. الشيء نفسه بالنسبة للعلوم المائية، موضوع الكتاب الثامن، التي تهمل القنوات.

الكتب من I إلى VII تتعلّق بالصروح العامّة والخاصّة مأخوذة على حدة أو جماعياً،

من ناحية البناء، التزيين والتجهيزات. العلوم المائية معروضة بشكل موجز (الكتاب VIII)، ثمّ تأتي الساعات الشمسية والمائية (الكتاب IX)، وأخيراً الآلات المدنية والعسكرية (الكتاب X). لقد حاول مورتيه Mortet أن يفسّر وجود الثغرات المدهشة التي لاحظناها أعلاه: غياب بعض الصروح، تلميحات مختصرة جدّاً لبعض طرق البناء، قناطر، عقود. لقد اعتقد في الواقع أنّ دراسة ڤيتروڤيوس وضعت لتقديم المعلومات التقنية لموظّفي الأشغال العامّة. لكن لماذا هذه الثغرات، لماذا الكتاب عن الآلات الحربية؟ من وجهة نظرنا، نقول إنّ ڤيتروڤيوس نسخ ما وضعه سابقوه، لا سيّما سابقوه الإغريق، ولم يأت على ذكر ما كان تجديداً رومانياً، باستثناء الطاحونة المائية، ولكنّه يقول إنّها إغريقية الأصل كما يدلّ عليها اسمها. كلّ شيء تقريباً عنده كان إغريقياً، من الألفاظ المعتمدة إلى الزخارف المعمارية.

أكثر ما يدلّنا على هذه الروح المنظّمة في «الدراسات التقنية» اللاتينية هو عمل فرونتينوس Frontin وعمل ڤيجيس Végèce. يعود البحث حول قنوات روما المائية إلى نهاية القرن الأوّل، وهو بجوهره عمل إداري، وضع بمساعدة محفوظات خدمة المياه. هو إذن لا يتناول سوى عدد صغير من المسائل التقنية التي تواجه الإدارة: مسألة الانحدارات، الأحواض وخاصّة قياس المنسوب. يمكننا القول إنّه كان موضوع تحقيق حول وضع المياه وعملها في روما وحول العلاج الذي يتعيّن إيجاده لبعض مشاكلها.

كتاب De ri militari لڤيجيس (نهاية القرن الميلادي الرابع) ليس له تقريباً أيّ طابع تقني. هنا أيضاً نجد أنفسنا بصدد تنظيم وإدارة الجيش، ولا مجال لمقارنة ما يقوله عن الآلات الحربية مع ما كتبه قبله ڤيتروڤيوس أو ميكانيكيو الاسكندرية الإغريق.

وننهي هذا الاستعراض السريع للعلم التقني الروماني مع ماسحي الأراضي الزراعية. إن تطوّر الإدارة وامتداد الامبراطورية زادا من مهمة ماسحي الأراضي بشكل واسع. بشكل خاص فرض انطلاق المساحات تطوير التقنيات التي كانت قد رفعتها مدرسة الاسكندرية إلى مستوى عال. من كاسر الضوء انتقلنا إلى الغروما groma وأخذت المسائل بعداً نلمسه في الدراسات التقنية. ويظهر لنا إيبافروديتوس Epaphroditus، ڤيتروڤيوس روفوس Vitruvius Rufus، وبالبوس Balbus، الذي حاول التأليف بين المعلومات في هذه المادّة، أنّ هذه التقنية قدّمت للضرورات الإدارية والسياسية الحلول المرضية. بعد ذلك نتعدّى مسائل قياس الأراضي ونصل إلى حلّ كلّ المسائل التي تتعلّق بالبناء: في الواقع، ظهر في هذه الدراسات فكرة جديدة على ما يبدو هي فكرة القيس بالمتر التي لا نجد لها أيّ إشارة سابقة لذلك الحين.

لم يعرف الرومان بين رجالاتهم الكبار من كان عالماً رفيع المستوى، وربّما للأسباب

نفسها لا نجد تقنياً عبقرياً، وكلّ ما يمكننا قراءته في هذه الكتابات يؤكّده حتمياً. لقد عرفوا كيف يعتنون بالتنفيذ وبالإنجاز، لم «يتقنوا» العمل وقلّما فكّروا، ونجاحاتهم هي سلسلة من النجاحات الفردية، دون أن نعرف الأسباب الحقيقية. لقد أخذوا عن ميكانيكيي الاسكندرية الإنجازات وليس الروح. وينبغي الإشارة إلى أنّه يوجد دائماً مسافة ما بين الأدب التقني، وهو أحد مصادرنا المفضّلة، والممارسة التقنية، وقد لفت نظرنا شيشرون، على لسان إحدى شخصياته، أنّ القليل من المزارعين، من مالكيّ الأرض ومن المستثمرين قد قرأ ما كتبه الخبراء الزراعيون، والعديد من الخبراء الزراعيين يظهرون تجريبية لا يمكن أن تنبثق إلاّ عن ممارسة قليلة التطوّر. لا شك في أنّه بدأت ذلك الوقت عملية التجميع وهي أسوأ طريقة للوصول إلى تقنية معقلنة. نشير أخيراً إلى أنّه في نظام يتميّز بمستوى عال من التنظيم، يكون دوماً التجديد التقني سبباً للاضطراب، إنّ التنظيم الممتاز يعيش بالضرورة على تقنيات مجمّدة.

الجغرافيا والتقنيات

ممّا لا يمكن إنكاره، وقد سبق أن أعطينا بعض الأمثلة، أنّ التقنيات، في كلّ العصور، ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالموارد المحلّية الطبيعية. إنّ وجود الركاز المعدني في الطبقات الطبيعية، وفرة الموارد الطاقية، وجود القوى الطبيعية المحرّكة، المناخات الرطبة التي تلائم الزراعة والمراعي، غنى التربة، كلّها أمور يجب أخذها بعين الاعتبار ويجب الاعتراف أنّه منذ بودان Bodin ومونكريتيان Montchrestien قلّما نظر إليها، إلاّ عند مناسبة بعض المجريات الحديثة المتعلّقة بالنفط.

في الحوض المتوسّط وجوانبه القريبة، أي الشرق الأدنى، كانت الثروات محدودة نسبياً، كانت المياه قليلة أو عبارة عن سيول صعب استغلالها في عصور معيّنة. وحده شمالي إيطاليا، سهل البو، كان يقدّم بهذا الصدد الفرص الملائمة، وكذلك خلال الغزوات بعض مناطق اسبانيا ثمّ الغال. الثروات المعدنية كانت قليلة أو قليلة نسبياً، الغابات فقيرة وصعبة التجدّد، وعندما كانت تنقطع بعض طرق التزوّد كانت تحصل بعض الكوارث. لقد كان كولوميللا يشكو من ضعف الانتاج الغذائي في إيطاليا ومن حاجة روما إلى الإنتاج الخارجي لاسيّما المصري.

لم تُدرس بما فيه الكفاية مسألة تعلّق الحضارات القديمة بما تستورده من الخارج، وكلّ النتائج التقنية التي قد تتضمّنها. اليوم نلتفت لهذا الأمر أكثر، هكذا كانت بعض التطوّرات التقنية مستحيلة كما قلنا، أو على الأقلّ صعبة جدّاً، بحكم ارتباطها بالاستيرادات.

ثمّ جلبت السيطرة على بعض الأراضي للرومان موارد مهمّة لم تكن في متناولهم وتغيّرت بعض المعطيات في العمق. في إسبانيا، في الغال، في ستيريا وفي كارينثيا وجد الرومان الحديد بكثرة، الحديد الذي كانوا يحتاجونه والذي افتقر إليه العالم القديم، كما قدّمت إسبانيا أيضاً النحاس والرصاص. وهذا لم يعدّل في التقنيات المعدنية وحسب، بل أيضاً في كلّ التقنيات التي تستعمل المعادن، مثلاً صناعة الأقفال. بعد ذلك ساعدت وفرة المياه على انتشار الطاحونة المائية.

بالمقابل، مع صعودهم إلى الشمال، عرف الرومان كيف يعدّلون في بعض تقنياتهم، ونرى أنّهم من خلال رغبتهم بتوسيع زراعة الكرمة، اضطروا إلى أقلمة الأصناف والأعمال مع مناخات تختلف عن مناخ البحر الأبيض المتوسّط.

وهناك نقطة أخرى مهمّة؛ كلّ الشعوب المدعوّة بربرية والتي أخضعها الرومان كان لها تقنياتها الخاصة، ثمرة تقاليد طويلة ونتيجة ظروف طبيعية عاشت ضمنها. لا شك في أنّ الغزاة، عندما كانوا يلمسون في هذا أيّ إفادة ممكنة، كانوا يعتمدون بعضاً من هذه التقنيات. ويشير دوفال: «يُقال إنّه منذ القرنين الثاني والثالث عرف الرومان عن طريق الفرسان البربر السيف الطويل الموشّى الذي كان يُصنع في محارف واقعة على الحدود الراينية ـ الدانوبية.» ويشير بليني إلى وجود الحديد الصلب في النوريك Norique وفي كارينثيا. لطالما دار النقاش وسيدور حول ما أخذ من بلاد الغال: هكذا مثلاً بالنسبة لآلة الحراثة ذات المقدّم بعجلات، التي سنعود إليها، في الحصّادة الغالية الشهيرة، وبالنسبة للبرميل.

ليس من المستبعد أن يكون الطلب المتزايد من قبل الامبراطورية الرومانية قد أحدث تغييرات تقنية حتّى عند الشعوب التي كانت تعيش خارج «التخوم». إنّ التنقيبات التي جرت في بولندا، في منطقة كييلس Kielce، الواقعة إذن خارج الحدود، كشفت عن استغلال كثيف للموارد المنجمية بين القرنين الأوّل والرابع، ولم يعرف العلماء البولنديين تفسير هذا الاستغلال الكثير إلاّ بتصديرات كبيرة نحو العالم الروماني. ويبدو أنّه في تلك المناسبة أيضاً تحسّنت أفران تحويل المعادن غير الخالصة.

التنظيم

لقد كان المجال الجغرافي الواسع للامبراطورية الرومانية بحاجة إلى تنظيم على درجة عالية من الإتقان، لم يع الرومان إلى هذا الأمر وحسب، بل أيضاً نجحوا في تحقيقه. ولا يمكن لتنظيم كهذا إلاّ أن يستند على تقنيات متطوّرة في عدد كبير ومتنوّع من الميادين.

أوّلاً انشئت مجموعة من المؤسّسات، ونعرف كم اهتمّ الرومان بالحقوق، العامّة

والخاصّة على السواء، وهي قاعدة ضرورية للتنظيم الذي نتكلّم عنه. وقد طالت هذه القوانين المسائل التقنية المهمّة ولن نعطي أكثر من مثلين؛ لقد كانت حمولة العربات التي تسير على الطرقات وفي الشوارع محدودة، تماماً مثل حمولة سيّاراتنا الحالية، كما وضعت القوانين بشأن استثمار المناجم، ليس فقط بشأن الإذن بالاستثمار (كان باطن الأرض ملكاً للدولة) بل أيضاً فيما يتعلّق بطرق الاستخراج. ويمكننا مضاعفة الأمثلة.

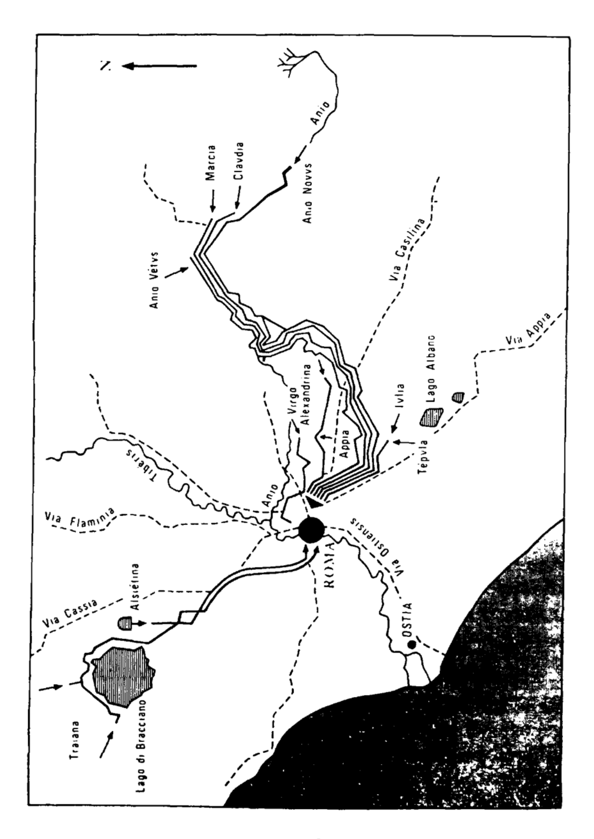
كانت إدراة مملكة كهذه تتطلّب حتماً ركناً تقنياً مهمّاً، هنا أيضاً نذكر مثلين:

I.ـ لقد كان جرّ المياه في المدن تقنية اعتمدت بشكل واسع في العصر الإغريقي القديم وقد رأينا أعمالاً مهمّة نفّذت بهذا الصدد. لكنّ المدن، في الحضارة الرومانية، امتدّت بشكل كبير وأخذت مشاكل جرّ المياه حجماً لم يسبق أن عرفته. هذا ما اضطر إذن إلى البحث عن ينابيع بعيدة وعن تقنيات معقّدة أكثر: وضعت قنوات المياه، ونعرف جيّداً قنوات المياه في روما عبر فرونتينوس، وأيضاً الجسور ـ القنوات كما في غار Gard في فرنسا وسيغوفيا Se pgovie في إسبانيا. لقد شرع ببناء أوّل قناة مائية (آبيا Appia) منذ العام 312 ق. م. ثمّ تطوّر النظام تدريجياً، مع امتداد روما إلى أن أعيد تنظيمه ووسّع في عهد كلاوديوس Claude ونيرون (شكل 1).

II. ـ كذلك كان تنظيم الامبراطورية يستدعي نظام مواصلات جيّد، ومن هنا يأتي حجم شبكة الطرقات الرومانية، في أنحاء الامبراطورية. لم يكن فقط يجب وضع شبكة كبيرة بل أيضاً طرقات جيّدة، يُعتنى بها بانتظام وسوف نرى البنية المتينة جدّاً للطرقات الرومانية. من هذا المنطلق أيضاً اهتمّ الرومان ببناء مرافىء تستقبل الأساطيل الكبيرة. كل هذا كان يحتاج أيضاً إلى تقنيات متطوّرة ومهمّة: سوف نعود إلى هذا الأمر.

والتنظيم يتعدّى بعض الشيء هذه المسائل الكبيرة. كان يجب بالطبع توحيد نمط بعض الصناعات، كالصناعات الحربية مثلاً، وقد أقام الرومان المحارف الكبيرة لصناعة الأسلحة أو الملابس الضرورية لتجهيز جيوشهم. ونعرف عدداً منها موزّعاً في جميع أنحاء الامبراطورية كان يزوّد المعسكرات الواقعة على الحدود أو داخل البلاد. ولكن من يقول محارف كبيرة، يقول أيضاً تقنيات متشابهة تجعل العتاد مستعملاً في كلّ مكان؛ لا نعرف الشيء الكثير عن هذا الموضوع لكنّنا عرفنا بوجود هذه المحارف، هذه الترسانات الضرورية من أجل أمن البلاد الداخلي أو الخارجي.

ويمكننا الذهاب بعيداً في عرضنا. في عالم واسع جدّاً، ولكن أيضاً مركّز جدّاً، كانت التقنية تنزع إلى البقاء ثابتة، وهذه أفضل ضمانة من أجل إدارة جيّدة. إنّ الاكتشافات والتجديدات كانت سبباً للاضطراب، كان التأحيد الفدية التي لا بدّ منها للمركزية والتنظيم.


N.
Anio
Marcia
Clavdia
Anio Novvs
Anio Vetvs
Via Casilina
Via Appia
Lago Albano
Ivlia
Tepvla
Virgo
Alexandrina
Appia
Tiberis
Anio
Via Flaminia
ROMA
Via Ostiensis
OSTIA
Alsietina
Via Cassia
Traiana
Lago di Bracciano

شکل 1.

استغلال الثروات الطبيعية

كلّنا نعرف الأهميّة التي يمثّلها استثمار الموارد الطبيعية بالنسبة لحضارات لم تكن بعد متقدّمة كثيراً. لقد كان الرومان، على الأقلّ عند البدء، وبقوا لفترة طويلة شعباً مزارعاً، وقد أشرنا إلى غزارة الكتابات الزراعية. بعد ذلك لم يكفّوا، بعد انتشارهم الأوّل، عن اكتشاف الثروات الباطنية. مزارعون وعمّال مناجم، لطالما اهتمّ الرومان بهذين المجالين التقنيين.

الزراعة

إذا أردنا أن نتكلّم من وجهة نظر تقنية، فإنّ الزراعة الرومانية، حتّى بداية عهدنا، لم تختلف كثيراً عن الزراعات المتوسّطية المحيطة، مثل الإغريقية والقرطاجية. إلاّ أنّها استفادت من بعض التحسينات في الأصناف الزراعية وفي التنظيم العام للأعمال وفي الأدوات المستعملة.

لقد بقي العالم النباتي والحيواني نفسه، إن أردنا أن نحكم من خلال الخبراء الزراعيين ومن خلال بليني. وقد ساهم الرومان بنشر زراعات في الامبراطورية لم تكن معروفة سوى في حوض البحر المتوسّط: الكستناء، الدرّاق، المشمش. ومن أهمّ ما حقّقوه هو التوصّل إلى أنواع من الكرمة تتحمّل المناخ المحيطي (إسبانيا، بوردو)، ومناخات شمالية أكثر، مع الصعود نحو الرون Rhône والساوون Saône، حتّى جوانب اللوار Loire، على ضفاف لاموزيل la Moselle، وحتّى اسكندنافيا.

لم يفت المؤلّفين اللاتينيين أن يشيروا إلى كلّ الأصناف المعتمدة، حسب التربة وحسب المناخ: لقد ذكر ستّة أنواع أو أكثر من القمح، حصرها كولوميللا بثلاثة، القمح الطري، القمح الصلب وقمح المقطوشة، دون ذكر العلس أو الحنطة الرومية. وكانت الذرة البيضاء، الشعير، السنفيات (باقية، ترمس، حمص) تشكّل مع القمح أساس الزراعات. كاتون ذكر سبعة أصناف من الكرمة، كولوميللا 58، بليني 91 (مقدّراً أنّه بإمكان هذا العدد أن يصل إلى 400). الزيتون، الذي أتى من شرق المتوسّط، دخل ببطء في إيطاليا: وكان يعدّ من 10 إلى 15 صنفاً. هذا العدد الكبير من الأصناف يدلّ على معرفة تامّة بزراعة الأشجار، التي رغم هذا قلّما تناولتها الدراسات الزراعية. بالطبع حدث أيضاً تطوّرات في تقنيات إنتاج الأصناف، الفسل، الترقيد وخاصّة التطعيم: للأسف معلوماتنا محدودة في هذا المجال. كلّ هذا يُظهر أيضاً، وهنا نقطة مهمّة، الاهتمام بأقلمة التربة والنبات.

في مجال تربية الماشية، كانت التجديدات قليلة ولا شك ولكن، على ما يبدو،

ثابتة؛ من المحتمل أن لا يكون الرومان قد قدّموا شيئاً بالنسبة لانتقاء الأنواع. كان الخبراء الزراعيون ينسبون إلى الأم الأهمّية في الانتقاء، ما هو غير صحيح. كان للبقريات دور مهم، ولكن كانت ما تزال العروق القديمة، لا سيّما ثيران إبيرا Epire، كبيرة الحجم والتي تمّ انتقاؤها في عهد بيرّوس Pyrrhus. ثمّ بدأ الرومان بإقامة الزرائب المؤقّتة. بالنسبة للخيول، كان كلّ الميراث، تقريباً، منبثقاً عن الإغريق.

كان العالم اللاتيني يعرف أربعة أنواع من الخراف: الأترووري، ذو الألية، نوع اليونان الكبيرة، والمرينوس (اسباني). لقد عُرف الخروف ذو الألية بعد غزو قرطاجة، أمّا المرينوس فقد أتى من البيتيك Bétique بعد هزيمة هنيبعل. وقد أقيمت زرائب الخراف على نطاق واسع.

كانت تربية الخنازير والماعز منتشرة، كما عند الإغريق، أمّا الحمار فهو أحدث عهداً، والطيور الداجنة كانت نفس ما عرفه الإغريق. وحده الأرنب يبدو وقد جُلب حديثاً، في الواقع يظهر أنّ أرسطو كان يجهله كلّياً وقلّما ذكره المؤرخون قبل العهد الميلادي، وكانوا يذكرونه كنوع غريب نوعاً ما؛ بليني وكاتولوس Catulle يحدّدان مصدره في إسبانيا، وسترابون Strabon في الباليارس Baléares، وربّما كان محصوراً قبل ذلك في بعض جزر المتوسّط ودون شك في بعض أماكن افريقيا الشمالية. أمّا الدجاجيات فقد عرفها الإغريق متأخّرين وكان يجب انتظار القرن الأخير ق. م كي نجد الصنف مميّز الأعراق عند الرومان، الذين كان لديهم منها نصف دزينة؛ عندئذ طوّروا استخدامها ومارسوا التفريخ الصناعي. ربّما كانت تربية البط حديثة كذلك في عهد كولوميللا الذي يقترح أخذ بعض الاحتياطات كي نحول دون هربه، ما يُظهر أنّه كان ما يزال قريباً من الأعراق البرّية. على أيّ حال، لم يعرف الرومان الدجاج الفرعوني أو الديك الحبشي.

بدأ في ذلك العصر التعرّف أكثر إلى أدوات الزراعة وطرقها، مع هذا قلّما كان الخبراء الزراعيون، مثل بليني، دقيقين حول المادّة. أولى هذه الأدوات وأهمّها هي التي استعملت للحراثة؛ إنّها بالطبع، في معظم الحالات، المحراث البسيط، أداة الحراثة المتناظرة. وكانت الأنواع تختلف تبعاً للمناطق؛ لقد ميّز بليني بين محراث روما للتربة المتراصّة ومحراث كامبانيا Campanie للتربة النفيذة. وقد دار النقاش طويلاً حول نوع هذه المحاريث، ولكن يُسلّم اليوم بشكل عام بأنّ المحراث الأسناني كان الأوسع انتشاراً. في الصور القديمة التي لدينا، إذا كنّا نرى مقوم المحراث مردوداً بشكل واضح، وموضوعاً بشكل عامودي تقريباً، فلا يبدو أنّه تُرك مجال بين قاعدة المقبض وقاعدة المقوم. هذا ما نراه بالنسبة لمحراث أريتزو Arezzo ومحراث تالاموني Talamone على قطعة نقد صقلّية حدّد تاريخها في العام 258 ق. م.

في الوثائق الأحدث، نرى محاريث وقد انحنى المقوم والمقبض وانفصلا عن بعضهما. في القرنين اللذين يحيطان بالعهد المسيحي، كلّ النقود في المستعمرات تصوّر محراثاً أسنانياً وهذا ما يجعلنا نعتقد بأنه نُشر وفرض من قبل روما على الأراضي المستعمرة.

معرفة نوع الأداة ليست كلّ شيء، يجب أيضاً أن نعرف كيف كانت تُستعمل، والمسألة مهمّة جدّاً. من المؤكّد، ويشهد كولوميلا على هذا، أنّ الرومان كانوا يمارسون حراثة غير متناظرة بواسطة أداة تناظرية؛ كان يكفي إحناء المحراث على أحد الجانبين. وكان ڤارون ينصح، في القرن الأوّل، خلال الحراثة الثالثة، بتعليق لوحين على جانبي السكّة من أجل تغطية البذار التي رميت على خطوط التربة. ونلمس من كلام فرجيل عن العروة أو الأذن أنّها كانت شائعة الاستعمال، كما يذكر بالاديوس Palladius، إلى جانب المحراث البسيط aratra simplicia، المحراث ذا العروة aratra aurista المستعمل من أجل حراثة السهل. من المحتمل أن نكون انتقلنا من العروتين إلى عروة واحدة وهكذا تمّ ابتكار المقلب.

لنذكر بليني: «نسمّي سكّين المحراث قطعة الحديد التي، بقطعها الأرض الصلبة قبل أن تحزّز في العمق، ترسم مسبقاً، بواسطة شرطتها، الثلم الذي ستطمره السكّة المقلوبة أثناء الحراثة.» لقد دار النقاش الكثير حول هذه الجملة القصيرة وأراد البعض أن يرى فيها إشارة إلى عربة حراثة مع مقلب وسكّين. في الواقع، حسب الافتراضات الحديثة، الأمر هو عبارة عن أداة ثانية مستقلّة عن المحراث البسيط، لكن لا ننكر أنّنا كنا بصدد تطوّر مهمّ.

كذلك ميّز بليني بين عدّة أنواع من السكك، لقد اعتبر أنّ السكّة العادية هي «رافعة تنتهي بسنّ». هناك نوع آخر مع حلقة، ونوع على شكل سهم يقطع الأرض أفقياً. كما يشير بليني معتبراً الأمر تجديداً، في ريتيا Rhétie وفي بلاد الغال، إلى المقدّم ذي العجلات. أبعد من أن يكون عربة للحراثة، كما كُتب غالباً، لقد كان في الواقع عبارة عن محراث بسيط، أداة تناظرية، أضيفت إليه معجّلة صغيرة.

ويبدو أنّه حصل تحسين آخر فيما يخصّ النورج؛ ڤارون يقول إنّه كان محدود الاستعمال، من أجل اقتلاع الأعشاب المضرّة وطمر البذار، وبدائياً كان عبارة عن حصيرة من الأغصان المجدولة الموضوعة في إطار خشبي، مع حزمات من الشوك، وكان عديم الفعالية تقريباً. أمّا النورج عند بليني فهو ذو أسنان معدنية ويعمل في العمق، كان إذن بالإمكان الاستغناء جزئياً عن نزع الأعشاب.

الحصاد كان يتمّ بواسطة المنجل، ويشير بليني إلى حصّادة بعجلات، وضعت بشأنها الافتراضات الكثيرة إلى أن قدّمت لنا نُقيشة، مبتورة قليلاً، وجدت في أرلون Arlon في بلجيكا، صورة مرئية نوعاً ما عنها، وقد كتب دوڤال: «صندوق كبير مزوّد بأسنان

ومحمول على عجلتين، يقوده عبر الحقول ثور يدفعه أمامه، في حين أنّ السنابل التي تقطعها الأسنان تقع في مكانها من الصندوق.» ثمّ حدّد ر. مارتان مكان هذه الآلة التي وصفها بليني وبالاديوس. كانت إذن تقطع السنابل ولا تسمح باستعمال القشّ الذي يدوسه الحيوان الدافع، كذلك كانت تؤدّي إلى خسارة قسم كبير من القمح بسبب قامات السنابل المتفاوتة. إنّ أداة كهذه لا يمكن استخدامها في مناطق كثيفة الزراعة (شكل 2) .

من أجل ضرب الحبوب، عرف الرومان الدراسة تحت أقدام الحيوانات، الزلاّجة والمحدلة أو Tribilum وبالطبع مدقّة الحبوب.

تنظيم الزراعات كان نقطة أخرى مهمّة. لقد مورست تقنيات إصلاح الأراضي على نطاق واسع، وكلّ المؤلّفين أشاروا إلى استعمال الأسمدة. كان الرماد الذي نحصل عليه بعد إشعال الحشفات طريقة قديمة، ويبدو أنّ زبل المزارع عرف انتشاراً واسعاً عند الرومان، توازياً مع نمو تربية الماشية، خاصّة تربية البقريات. وفي بلاد الغال عرف الرومان إصلاح الأرض بالسجّيل. بالنسبة للقمح كان كولوميللا وبالاديوس يقدّران الزبل الضروري بقدر من 40 إلى 52 طناً للهكتار الواحد، وكان يعتمد، في حالة المناوبة الزراعية، لسنة واحدة.

يقدّم كلّ من كاتون وڤارون المناوبة الزراعية كلّ سنتين كعمل متداول: سنفيات ـ قمح بالنسبة لڤرجيل وبليني؛ فول ـ قمح بالنسبة لكولوميللا الذي يفضّل مع هذا استراحة الأرض. كذلك مورست المناوبة الزراعية كلّ ثلاث سنوات ولكن بصورة أقلّ:

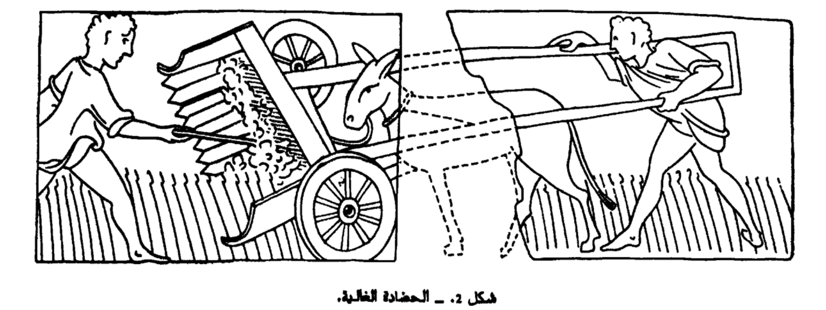
بالنسبة لكولوميللا: لفت ـ حنطة ـ فول

ذرة ـ عدس ـ شعير

بالنسبة لبليني: ذرة ـ لفت ـ حنطة

كانت المحاولة عبارة عن مناوبة الجذور العميقة والجذور السطحية، وكان الرومان يعرفون تماماً فائدة السنفيات بالنسبة للتربة لا سيّما الباقية والترمس، كذلك كان يُنصح بحراثة الأراضي المستريحة من حيث إن النباتات البرية كانت تضعف التربة. في كلّ هذه المجالات نلمس تطوّراً ملحوظاً بين الجمهورية والامبراطورية.

إنّ أوروبا الغربية تدين لروما بانتشار زراعة الكرمة بشكل واسع. عندما أُدخلت الكرمة إلى بلاد الغال خلال القرن الرابع ق. م، عن طريق الإغريق، بقيت محصورة في أماكن ضيّقة قريبة من ساحل المتوسّط؛ وبعد ذلك بكثير نشأت الكروم الكبيرة في منطقة الناربونيز Narbonnaise. يبدو أنّ روما أرادت في البداية أن تحمي الكروم الإيطالية: فقد اقتصر حقّ زراعة الكرمة في بلاد الغال على من يملك حقوق المواطنية. أوّل الكروم «الشمالية» كان



شكل 2. ـ الحصادة الغالية.

(عن م. دوما M. Daumas، «Histoire générale des techniques»، المجلّد الأوّل، باريس، 1962.)

كرم غاياك Gaillac، ثمّ على طول الرون ليرميتاج l'Hermitage والكوت روتي Côte Rôtie. وتوسّعت الكروم وانتشرت بشكل خاص كروم العنب الأسود. في بوردو، لا شكّ في أنّ الكرمة أتت من إسبانيا، وجرى الغزو بسرعة: منذ القرن الثالث الميلادي، لم تستفد منه منطقة البورغوني Bourgogne وحسب بل أيضاً منطقة تريف Trèves وقد ذكر الشاعر أوزونيوس Ausone نبيذ لاموزيل في القرن الرابع. إذن بعد ثلاثة قرون ونصف بعد سترابون كانت الكروم تغطّي مساحة كبيرة، كما تنوّعت الأصناف وكثرت، وعُرفت واستعملت تبعاً للظروف الطبيعية. منذ العام 71، أشار بليني إلى زراعة صنف جديد في فيينا وفي فرنسا. كلّ هذا كان ولا شك نتيجة جهود مهمّة، وهذا رغم بعض القيود المرحلية، مثل مرسوم دوميسيان Domitien الذي أراد الحدّ من زراعة الكرمة من أجل أن يحمي الكروم الإيطالية.

لقد تعامل المزارع الروماني مع الكرمة بعناية فائقة ومارس كمّ الأغصان بواسطة المجرفة أو نوع من محراث بسيط وصغير، وكذلك التشذيب أو الجرزمة. ويميّز كولوميللا عدّة طرق لتوجيه الكرمة: الكرمة الزاحفة؛ الكرمة الواطئة دون مسماك؛ مع مسماك ولكن دون رباط، مع مسماك ورباط بسيط؛ مع مسماك ورباط بأربعة قضبان.

أمّا روزنامة الأعمال فقد وضعت بشكل دقيق، وأوّل ما ظهرت في كتاب «الأعمال والأيّام» لهسيود Hésiode. تقريباً كلّ الخبراء الزراعيين نصحوا بالحراثة المتعدّدة، يقول بليني إنّه كانت التربة الصلبة تُحرث خمس مرّات، وحتّى تسع مرّات في توسكانا، فرجيل يذكر أربع والخبراء الزراعيون ثلاث. ڤارون وكزينوفون يدعوان لحراثتين للكرمة (أوّل الربيع ومنتصف الصيف)، ثمّ قال كولوميللا وبالاديوس بثلاث. من الواضح أنّ كلّ هذا يتعلّق في آن واحد بطبيعة التربة وأنواع الزراعات.

نفس الشيء كان بالنسبة لتاريخ الحصاد، الذي يتعلّق كثيراً بالشروط المناخية وبنضج الحبوب. من الناحية التقنية يميّز كولوميللا بين الحصاد بمحاذاة الأرض، عند منتصف الساق أو عند الرأس.

من الصعب معرفة مردود الأراضي الزراعية الرومانية. بشكل عام، الأرقام المعطية هي عبارة عن قيم قصوى ومن جهة أخرى الوحدات ليست نفسها. يذكر شيشرون من 16 إلى 20 هكتوليتراً في الهكتار الواحد ويشير ڤارون بالنسبة لأترووريا إلى مردود من 10 إلى 15 للواحد وهذا بما يبدو غير واضح.

لا يسمح لنا جهلنا بالزراعة الإغريقية بوضع المقارنات أو بتقدير مدى التطوّر الذي تسجّل في العصر الروماني. ما يمكن قوله هو أنّه لم يحدث ثورة بالمعنى الحقيقي، إلاّ أنّ التطوّرات حتماً ملموسة: وأصدق مثل هو نجاح زراعات الكرمة، ولكن أيضاً تربية الماشية،

وكذلك بعض الأدوات الزراعية. بالطبع لا يدهشنا كون شعب زراعي من الأساس بحث في هذا المجال أكثر من غيره ـ ما عدا ما يتعلّق بالمدينة، وسوف نعود إليها ـ في تحسين ما اكتسبته الشعوب الأخرى، التي أُخضعت شيئاً فشيئاً، على الصعيد التقني. مع الرومان نصل، في مادّة الزراعة، إلى نوع من تجميع لأكثر الانتاجات الزراعية السابقة تطوّراً. والحقّ يقال أنّنا ما نزال نعيش في نفس النظام الزراعي الذي لم يساهم فيه الرومان إلاّ عبر تحسينات كانت متوقّعة بالنسبة للنظام الذي سبقه، إلاّ إذا جاءت أبحاث أكثر تقدّماً وأبطلت رأينا هذا.

الصناعة المنجمية

من الصعب التعرّف إلى مدى الإتقان في الصناعة المنجمية، من ناحية لأنّنا لسنا ملمّين جيّداً بوضع التقنيات الإغريقية أو السابقة ومن ناحية أخرى لأنّ معلوماتنا عن الصناعة الرومانية ما تزال مشتّتة ولا يمكن الاعتماد عليها أحياناً.

هناك أوّلاً نقطة مهمّة، بعد ما كان امتداد الاستثمارات المنجمية محدوداً في العصر الإغريقي القديم فقد عرف انطلاقة كبيرة في الامبراطورية الرومانية على مدى الغزوات. ويبدو بشكل خاص أنّ المناجم الاسبانية كانت حقل تجارب ممتاز للغزاة بالنسبة لتقنيات متحسّنة. في حالات كثيرة أخرى، ونفكّر بركاز الحديد، لم تكن الطبقات الغرينية، الكثيرة في العديد من البلدان المحتلّة، تستدعي أكثر من استثمار في مناجم مكشوفة. من جهة أخرى، وهنا نقطة تقنية مهمّة، كانت المناجم الخاصّة تتواجد إلى جانب مناجم الدولة، وتُستغلّ مباشرة أو بموجب التزام. في نظام متنوّع مثل نظام الاستثمار المنجمي في الامبراطورية الرومانية، كان لا بدّ من وضع عدد من القواعد وجدنا قسماً منها على الألواح البرونزية التي اكتُشفت في إسبانيا، في ألخوستريل Aljustrel، في أحد القطاعات المنجمية وفيها قوانين تتناول الحقّ الخاص والحقّ العام، بالطبع، ولكن أيضاً قوانين تتعلّق بالاستثمار والأنظمة التقنية. من جهة أخرى نجد الـ lex metallis dicta بكليتها تقريباً في أنظمة القرون الوسطى المنجمية.

حول تفاصيل الاستغلال نفسه ما تزال معلوماتنا ضئيلة جدّاً وتنبثق بشكل خاص، فيما عدا النصوص التي ذكرناها، عن التنقيبات الأثرية التي جرت لا سيّما في إسبانيا، ومن خلال كلّ هذا لا نرى تطوّرات بالغة بالنسبة للتقنيات الإغريقية.

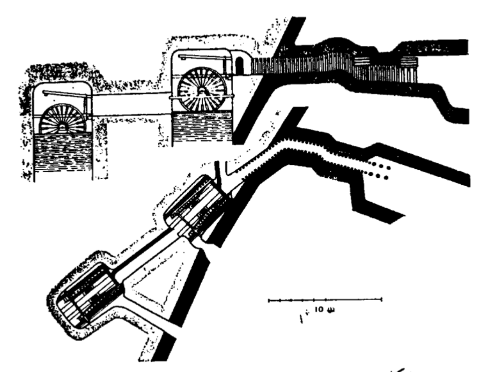
رغم هذا توجد مسألة لم تُحلّ بصورة مرضية حتّى اليوم، في الواقع يُقال أن الرومان هم من اخترع ضخّ مياه المناجم بواسطة العجلة، ولدينا عنصران حول هذا الموضوع: عجلة ڤينافيو Venafio، المحفوظة في متحف نابولي، وإعادة ترميم مجموعة آلات مناجم

تارسيس Tharsis، المنبثقة عن التنقيبات التي جرت في هذا المنجم جنوب إسبانيا (شكل 3). من خلال هذه الترميمات. نرى أنّ العجلات كانت تتحرّك بواسطة مجرى المياه التي تُضخّ عبر نواعير موضوعة على طبقات (شكل 4). لكن يبدو بوضوح أنّه بسبب الاحتكاكات والخسارات المتنوّعة ونقص الطاقة، كان من المستحيل ضخّ كلّ المياه التي تشغّل العجلات وكان المنجم بالتالي يغرق بسرعة. أمّا استعمال مضخّة كتيسيبيوس الدافعة والرافعة فكان مستحيلاً لعدم معرفة نظام الساعد ـ الرائد.

في مجال الصناعة المعدنية، حصل طبعاً بعض التطوّرات المحدودة ولكن المهمّة، وتعود هذه التطوّرات، كما قلنا، إلى استعمال أوسع للمعدن. لقد استُعملت في النوريك Norique مثلاً، عروق من «الفولاذ الطبيعي» هي دون شك عبارة عن مزيج من الحديد والمنغانيز. كما كانت تُعرف منذ القديم الفولذة بواسطة الكربنة وهذا ما كان ينتج أغلب الأحيان فولذة سطحية. ويقول ب. دوڤال أنّ تطوّر المنافخ حصل في العهد الروماني؛ منافخ تعطي نفخاً إضافياً للمصاهر المنخفضة التي كانت معتمدة آنذاك. أمّا المنفخ ذو الوضع الزاوي فقد ظهر في العهد الغالي ـ الروماني وحلّ محلّ منافخ القرب التي كانت معروفة في مصر واليونان القديمة، وهو مؤلّف من لوحين خشبيين، عريضين عند طرف وضيّقين عند الطرف الآخر، ويصل بينهما جلد متموّج، أحد اللوحين، ويسمّى الجناح، يتّصل بطرفه الضيّق بالرأس من حيث يخرج أنبوب النفخ، ويثبّت صمام أوتوماتيكي بأحد اللوحين داخل المنفخ. إنّه المنفخ العادي كما نعرفه اليوم، رغم أنّه يميل إلى الاختفاء من المنازل كما من محارف الحديد.

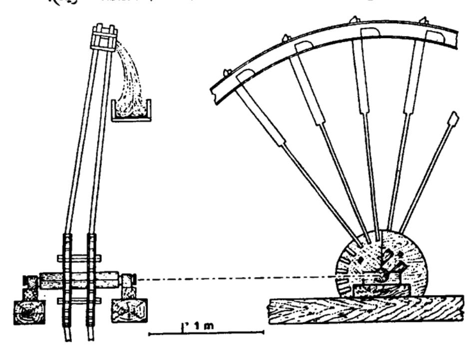
من المحتمل أن يكون الرومان قد قدّموا جديداً في استعمال الكيمياء المعدنية التي لم يعرفوها من جهة أخرى على المستوى العلمي. يقول ب. دوڤال أنّ الرومان نجحوا في فصل الذهب عن ركاز النحاس، والفضّة عن الرصاص، وفي أن يستخدموا ورقة الذهب وأن يحصلوا على الزئبق لا سيّما في إسبانيا خلال القرن الأوّل في مناجم المدين Almaden الشهيرة. يمكننا أيضاً الإشارة إلى تقنية خاصّة هي تقنية تبييض النحاس والفضّة والتي وصفها بليني عندما تكلّم عن الرصاص الأبيض أي القصدير، وكان يرى فيه اختراعاً غالياً لإعطاء النحاس مظهر الفضّة لا سيّما من أجل تجميل طقم الخيل وحتّى العربات.

لقد أظهرت بعض الأبحاث الحديثة أنّ معدن الأوريشالك الشهير عند القدامى هو في الحقيقة معدن الشبهان، وكان يوجد في الواقع بما يكفي في طبقات النحاس والزنك المختلطة، حيث إنّ هذا المعدن الأخير لم يُعزل أبداً في العصر القديم. إلاّ أنّ استعمال الشبهان كان ما يزال قليل الانتشار، ويبدو أنّه في العصر الروماني بدأ صنع الشبهان بمزيج من



شكل 3. ـــ مجموعة عجلات تارسيس.

(عن ج. باروخا J.-C. Baroja ,«Norias ,Azudas, Aceñas»، مدريد).



شكل 4. ـــ إحدى عجلات تارسيس.

(عن ج. باروخا.)

النحاس وحجر التوتيا، ثمّ انتشر استعماله منذ نهاية الجمهورية لا سيّما بفضل ثراء الطبقات الجرمانية بالتوتيا. ومنذ عهد أغسطس بدأ استعمال الأوريشالك ـ الشبهان في صناعة النقود.

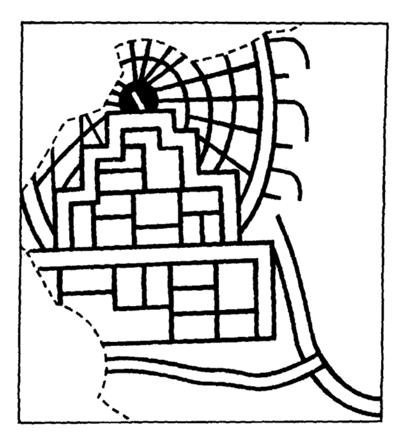
الطاقة

بالنسبة للطاقة قلّما استعمل العصر القديم غير الموارد الطبيعية، وإذا عمدنا إلى قياس التطوّر التقني بالنسبة لكمّية الطاقة المستهلكة، لا تبدو لنا روما أفضل بكثير من اليونان. كانت الطاقة الحيوانية والبشرية ما تزال واسعة الانتشار وتشكّل الجزء الأساسي من إنتاج الطاقة، أمّا الطاقة الهوائية فلم تكن تفيد غير السفن.

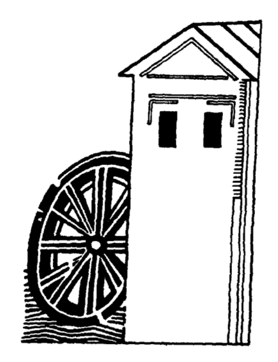
إن ظهور الطاحونة المائية لا يشكّل سوى نصف ثورة تقنية، حيث أنّ ضعف مجرى بعض أنهار الحوض المتوسّط، وعدم انتظام المنسوب وقوّة المجاري الجبلية وحجم الأنهار الكبيرة مثل نهر البو، كلّها كانت عوائق أمام الانتشار السريع لهذا المصدر الجديد للطاقة. من جهة أخرى، على الأقلّ حتّى تاريخ معيّن، يبدو أنّ استعمالها الوحيد كان لطحن الحبوب ممّا حدّ من انتشارها واستخدامها، وقد كتب مارك بلوك Marc Bloch بحق: «صحيح أنّ الطاحونة المائية هي اختراع من العصر القديم، لكنّها تعتبر من القرون الوسطى من حيث عصر انتشارها الحقيقي» (شكل 5).

لقد أعاد م. بلوك تجميع النصوص والشواهد التي تكوّن المراحل التاريخية للطاحونة المائية ولم يُضاف الشيء الكثير إلى هذا العمل حتّى اليوم. هناك طاحونة مائية نراها، نحو العام 18 ق. م، في كبيرا Cabire، في البونتوس Pontus، ضمن ملحقات قصر أقامه ميتريداتس بين العامين 120 ق. م و 63 ق. م. وهناك أيضاً قصيدة هجاء يونانية، من عصر أغسطس، نلمس من خلالها أنّ الطاحونة المائية كانت معروفة لتوّها. ويصف ڤيتروڤيوس الطاحونة المائية في كتابه de architectura، تحت اسمها اليوناني هيدراليتيس Hydraletes، وبعد ذلك يذكر بليني وجود عجلات طاحونة على أنهار إيطاليا. إذن كان ظهور الطاحونة المائية وأولى انتشاراتها خلال القرن الأوّل قبل الميلاد ومهدها في شرق المتوسّط، ولم تكن أبداً، كما زعم البعض، استيراداً من الصين التي عرفت الطاحونة المائية تقريباً في الوقت نفسه.

الشواهد التي أتت بعد ذلك الحين قليلة نسبياً؛ يذكر أوزونيوس Ausone طاحونة مائية على الموزيل خلال القرن الثالث، ويُذكر خلال القرن الرابع طواحين جانيكولوم Janicule، المزوّدة بالماء بواسطة قناة. وفي القرن السادس لا نحصي أكثر من عشر في بلاد الغال، رغم أنّ الظروف الطبيعية فيها أفضل بكثير (شكل 6).



شكل 5. ـــ عجلة رافعة (القرن الثاني).
فسيفساء من افاميا.
(عن سينغر، «History of Technology»)



شكل 6. ـــ عجلة عامودية.
فسيفساء في قصر بيزنطية
(القرن الخامس).
(عن سينغر.)

لا نعرف كثيراً كيف تمّ صنع كلّ هذه الطواحين الأولى. هناك العديد ممّن يقدّرون أنّ العجلات كانت موضوعة بشكل أفقي، لتجنّب توزيعات معقّدة في الحركة، لكن أوّل نصّ شاهد دقيق نملكه، نصّ ڤيتروڤيوس، يصف لنا طاحونة عامودية العجلة. كذلك فإنّ تنقيبات طواحين باربوغال في منطقة البروفانس Provence الفرنسية، وفسيفساء أفاميا في القرن الثاني، والفسيفساء البيزنطية في النصف الأوّل من القرن الخامس لا تدلّنا إلاّ على طواحين عامودية العجلة. وإذا كنّا نعرف من بليني أن الطواحين كانت تُقام على الأنهار الإيطالية، فإنّنا نعرف -كذلك أنّ طواحين أخرى كانت تزوّدها الروافد وحتّى الأقنية؛ وقد سبق أن ذكرنا طواحين جانيكولوم. إنّ مجموعة طواحين باربوغال Barbegal، جنوب فرنسا، من القرن الثالث أو الرابع، تكشف عن قناة مع حوض للضبط، ينقسم إلى فرعين يزوّد كلّ منهما ثمانية شلاّلات، مع فارق ارتفاع كلّي يبلغ 18,60 م. وتعود طواحين جانيكولوم أو الساحة الرئيسية في أثينا، التي تعمل بنفس النظام، إلى القرن الخامس. كان يوجد أيضاً طواحين ـ سفن كالتي أقامها بيليزاريوس Bélisaire على نهر التيبر Tibre عندما قطع محاصرو روما ما تزوّد به طواحين جانيكولوم.

إنّ معظم هذه الطواحين كان كما ذكرنا معدّاً لطحن الحبوب، وقد تكون طاحونة لاموزيل التي أشار إليها أوزونيوس استخدمت لنشر الحجارة، كذلك ربّما كانت فسيفساء أفاميا تمثّل آلة رافعة، كالآلات التي وصفها ڤيتروڤيوس (شكل 7). رأينا كذلك أنّه أشير إلى عجلات رافعة في مناجم تارسيس، في البرتغال، هناك بعض الشك حول الموضوع (شكل 8).

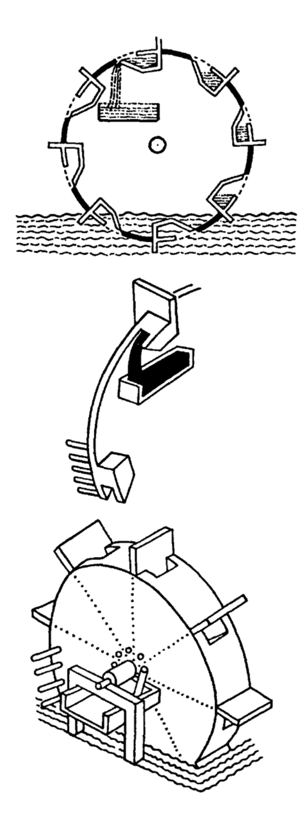
الأدوات

لم يعر المؤرّخون وحتّى مؤرّخي التقنيات الانتباه الكافي لمسائل الأدوات، إلاّ بالنسبة لما قبل التاريخ حيث الأدوات هي تقريباً الشواهد الوحيدة، مع أجزاء الهياكل العظيمة. لنميّز بين الأدوات البسيطة والأدوات المركّبة التي يمكن تسميتها آلات.

الأدوات البسيطة

في الواقع ليس بمتناول مؤرّخ الأدوات حالياً سوى عملي بلومنر Blümner وفريمون Frémond، الأوّل أوسع في ما يتناوله والثاني غني من حيث تحليلاته حول بعض أنواع الأدوات.

هناك أمر شبه أكيد: لقد تطوّرت الأدوات في العصر الروماني بدرجة كبيرة (شكل 9). ويصعب تفسير الأمر حيث أنّ التقنيات بالإجمال لم تتغيّر كثيراً، ربّما يمكن إرجاعه إلى



شكل 7. ــ عجلات رافعة مرمّمة

(عن شوازي «Vitruve», Choisy).



شكل ٨. ـ خريطة العجلات الرافعة المذكورة في العهد الروماني. (عن ج. باروخا.)

وفرة أكبر في وجود المعدن، وتنوّع في طلب الأغراض الاستهلاكية ومساهمة تقنيات الشعوب المستعمرة، إلاّ أنّ هذا لم يُدرس بعد.

مصادرنا بهذا الصدد متنوّعة؛ هناك أوّلاً المصوّرات، التي عمل عليها بشكل خاص بلومنر. كما هناك المخلّفات الأثرية، إمّا الأدوات نفسها وهذا أفضل ما يحصل، إمّا الأغراض المصنوعة بهذه الأدوات ما يستبعد كلّياً تقريباً أعمال الخشب. من جهة أخرى عدم معرفتنا المطلقة بالأدوات الإغريقية أو الشعوب المسمّاة بربرية يعيق التقدير الذي يحقّ لنا إعطاؤه لمدى مساهمة الرومان في هذا المجال.

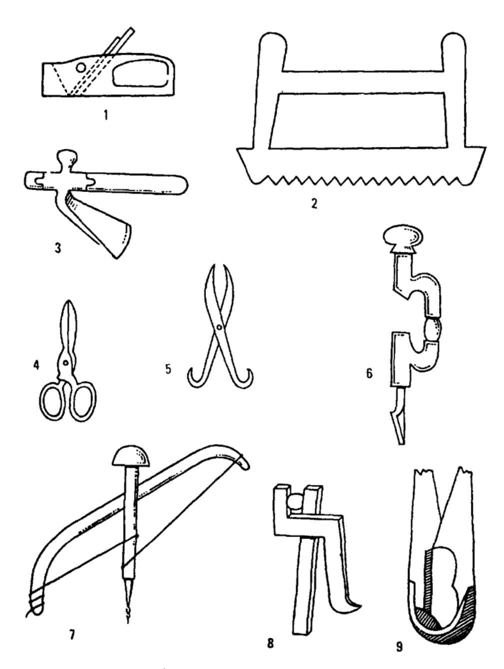
هكذا نقتصر على بعض الأمثلة، وقد أجرى عليها أسلافنا أبحاثاً كانت غنية بالنتائج المفيدة، وهذا لعدم قدرتنا على وضع تقييم شامل.

بالنسبة لأدوات القطع يبدو أنّ العصر الروماني كان غنياً بالتجديد. فإليه يعود في الواقع تاريخ المقصّات المحورية مقابلة مع المقاريض التي هي مقصّات ذات نابض معروفة دون شك منذ عهد أبعد. كذلك ندين لهم بالمنشار ذي الإطار حيث النصل مشدود بقوّة على هذا الإطار الذي يحمله. كما وجدنا مناشير للحجر، دون أسنان، تعمل مع الرمل دون شك. كما نُسب إليهم المِجْوَب، المخرز، الفريزة والمخرز الحلزوني ذو الرؤوس الثلاثة. وربّما كان الرومان مبتكري المثقاب، أمّا البريمة فيحتمل أن تكون غالية الأصل (من بلاد الغال).

لقد عرف الرومان المبارد: Scobina مبرد الخشب، و lima مبرد الحديد، وأقدم ما نعرفه منها يعود إلى العهد الغالي ـ الروماني. منها ما هو مستعرض، نصف مستدير أو مربّع. هناك أيضاً مبرد ذو حدّين متقاطعين، ومبرد ذو حدّ واحد.

بالنسبة لشغل الخشب تُنسب إلى العهد الروماني مرحلة مهمّة، إذ في ذاك الحين ظهر المسحاج، الذي لم يعرفه الإغريق ولا الحضارات السابقة. وأصبحت التجميعات الخشبية أمتن. البعض يعتقد أنّه سرعان ما ظهرت مشتقّات المسحاج البسيط: المنجر والمسحاج العادي، وهو أطول من الذي نستعمله، ونحو نهاية الامبراطورية، المسحاج ذو البروز (فارة الإفريز) والمسحاج من أجل تحضير الخشب للتجميعات (فارة التخديد). أمّا شغل المعادن والأجسام الصلبة الأخرى على الملزمة فيعود دون شك إلى العهد الغالي ـ الروماني.

في الواقع يبدو واضحاً أنّ الرومان، ربّما لامتلاكهم كميات كبيرة من الحديد، أتقنوا وطوّروا الأدوات، أي نوّعوها. لنعترف أيضاً أنّنا لا نعرف كما يجب الأدوات الإغريقية بالمقابل إذا أجرينا مقارنة بين مصوّرات الرومان والمصوّرات الكثيرة التي تقدّمها لنا مصر



شكل ٩. ــ ادوات من العهد الروماني.

١، منجر أو مسحاج (بومبي Pompéi؛ 2، منشار (روما)؛ 3، بليطة مطرقة (بلاد الغال)؛ 4، مقصّ (روندسن Rondsen) 5، مقصّ (بريين Priène)؛ 6، مثقاب (نابولي)؛ ٧، بريمة (تيبس Thèbes)؛ 8، مجوب (أوتون Autun)؛ 9، مقراض ذو شفرة يمكن تغييرها (بومبي).

(عن م. دوما M. Daumas).

القديمة نلمس تطوّراً كبيراً في كلّ جهاز الأدوات، ويقول بعض المؤلّفين أنّ هذا الجهاز بقي على حاله تقريباً حتّى القرن الثالث عشر. يبدو أيضاً، وقد أشرنا إلى هذا الأمر لتوّنا، أنّه جرت المحاولة لتنويع وتخصيص الأدوات: أصبحت الأداة متخصّصة أكثر فأكثر، أي مستعملة من أجل عمل معروف جيّداً ومحدّد جيّداً. نرى في العهد الغالي ـ الروماني مطارق نحّاس، صائغ، صانع نقود، إسكافي، نجّار ونحّات، كما نجد مطارق مفتوحة الحدّ على شكل «قدم ظبية» لانتزاع المسامير، هذا دون أن نعدّ كلّ الأنواع التي يصعب تحديد هويّتها اليوم. وقد نجد نفس مراحل التطوّر بالنسبة للمقصّات وأدوات القطع، وأشغال الخشب هي دون شك المجالات التي تتحدّد فيها الأشكال وتتميّز.

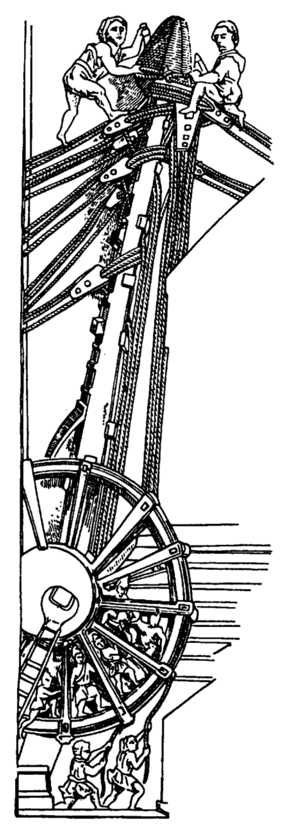
لنأخذ مثلاً المنشار؛ إنّ المناشير الرومانية امتدّت حتّى القرن الرابع عشر: أ) المنشار القصير (أو نصف ـ الطويل) مع مقبض متين من طرف واحد: إنّه منشار دفع نرى فيه سلف منشارنا الخشبي؛ ب) منشار طويل للقطع، قائم وسط إطار خشبي كبير؛ ج) منشار متوسّط ذو إطار؛ د) منشار للقطع بالعرض (مع مقبضين قصيرين عند كلّ طرف)؛ هـ) منشار ذو ظهر، بمقبض واحد.

لقد حاول بلومنر وضع فرز لأدوات الشعوب القديمة خاصّة الرومان. إنّ عمله هذا الذي يعود إلى نهاية القرن التاسع عشر هو بالغ الفائدة، لكن ينبغي بالضرورة إعادة تناوله وإكماله على مدى الاكتشافات الأثرية. إنّ سجلاً جيّداً لهذه الأدوات قد يوجّه الأبحاث بشكل مهمّ ومثمر، من أجل هذا يجب استكشاف كلّ ما تحتفظ به المتاحف حيث تنام تلك الأدوات التي نتردّد في إظهارها للعامّة.

الآلات

لقد كان تطوّر الآلات أقلّ منه بالنسبة للأدوات النموذجية، باستثناء بعض المجالات المميّزة، ويظهر فيتروفيوس هذا الأمر بوضوح عند أخذه حرفياً تقريباً ما كان الإغريق قد اخترعوه. وقد أشرنا إلى هذا عبر بعض التقنيات الخاصّة: كلّ الآلات المنبثقة عن الطاحونة المائية، الطواحين العادية والنواعير؛ بعض الآلية الزراعية إن بالنسبة للزراعة نفسها (محاريث، حصّادات) أو بالنسبة لتحضير بعض المنتوجات الزراعية (لا سيّما المكابس والمعاصر).

الآلية الحربية، التي لعبت دوراً كبيراً في ولادة التكنولوجيا، بقيت تابعة للنظام الإغريقي، للميراث الإغريقي. ما نزال إذن بحضرة الأسلحة القذّافة على مختلف أنواعها المنشرة: المنجنيق، العرّادة والقذّاف، المستوحاة من مبدأ المقلاع.



شكل ١٠. ـــ آلة رافعة ذات عجلة (نقيشة من لاتران Latran)
(عن دار مبرغ Daremberg وساغليو Saglio).

التجديد الوحيد ربّما كان القوس القذّاف الذي نرى صورته على نقيشتين في متحف البوي Puy، وهو عبارة عن قوس للصيد مع فرضة توقيف. لكن أليس هذا عبارة عن اشتقاق من القذّاف عند هارون الاسكندراني؟ إنّ لفظة arcuballista (القوس القذّاف) وردت في القرن الرابع مع فيجيس Végèce. بهذه الطريقة نعارض ب. دوفال عندما يقول أنّ تطوير هذه الآلات أخذ طابع الاختراع. لا شك بأنّنا في صدد عملية تطوير، وهذه العملية كانت محدودة نسبياً.

في مجال الآلات الرافعة يبدو أنّ نصوص ڤيتروڤيوس جميعها ذات أصل إغريقي. إلاّ أنّنا نشير إلى آلات الرفع ذات العجلة التي قد تكون رومانية المنشأ (شكل 10)، على أيّ حال إنّها الرسومات الوحيدة التي نملكها بالنسبة للحضارات القديمة (شكل 11).

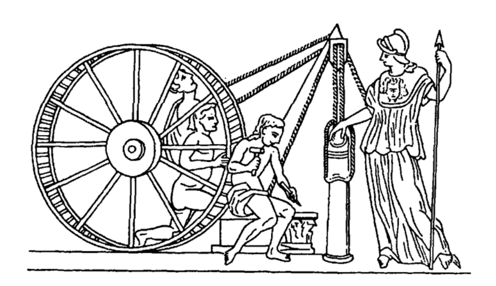
استعمال اللولب كعضو في آلات القوّة جاء متأخّراً والمثل الوحيد الذي نملكه، على الأقلّ عند بداياته، هو لولب المكبس، مكبس النبيذ ومعصرة الأقمشة، وهذه الأخيرة لا نراها إلاّ في لوحة من بومبي Pompéi : كانت تقوم بتفريغ الأقمشة من كلّ السوائل التي نُقعت فيها خلال الصنع وكان هذا الجهاز مؤلّفاً من إطار مع لولبين خشبيين.

نشير أيضاً إلى تطوير المنافخ، فحتّى العصر الروماني كانت أدوات النفخ متشابهة من حيث الفعل لكن مختلفة من حيث الشكل: السبطانة، منفخ القرب، المنافخ ذات الحواجز، المنافخ الاسطوانية مع كبّاس. ويبدو أنّ المنفخ ذا الوضع الزاوي والصمام، مع إطار خشبي وجوانب جلدية، أي منفخنا المنزلي العادي، كان من أصل روماني.

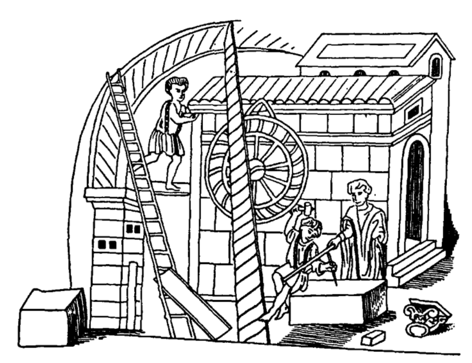
كما بالنسبة للأدوات، يجب القيام بفرز دقيق وشامل للآلات المستعملة في العصر القديم، وذلك حسب مقاييس مختلفة: من ناحية الاستعمال العملي، وهذا مجال المهن، ومن ناحية أنواع الأواليات المعتمدة، وهذا مجال تكوين الآلة، المرتبط أيضاً بنوع الطاقة االحاصلة (شكل 12). بهذه الطريقة يمكن تقسيم عمليّة تطوّر الآلات الطويلة، أي تطوّر التقنية التي نعتبرها اليوم الأكثر تقدّماً، على مراحل محدّدة على وجه الدقّة. وهذا يفترض بالطبع، ومسبقاً، تصنيفاً للآلات ما نزال بانتظاره رغم الجهود الجديرة التي تُقام.

بعض التقنيات التقليدية

إنّه دون شك القطاع التقني الأكثر جموداً، وقد بقي طويلاً على هذا الحال، ويمكننا استعراض مختلف مظاهره بسرعة. نرى فيه مزيجاً من التقاليد الإغريقية والتقاليد البربرية التي يصعب تبيّن منشئها.



شكل 11. ــ آلة رافعة ذات عجلة (نقشية من كابو Capoue)
(عن دار مبرغ وساغليو)



شكل 12. ــ خنزيرة ومرفعة (حسب بتروبوس الفاتيكان).
(عن دارمبرغ وساغليو)

لا جديد فعلاً في مجال الصناعة النسيجية، حيث بقي الغزل والنسيج ودعك الأقمشة على حاله. فقط استعمال المشط للفصل بين الخيوط ظهر في الامبراطورية المتأخّرة. أمّا التجديدات فقد ظهرت، كما يقول ب. دوفال، فيما يخصّ الثياب، ولكن هنا أيضاً نشير إلى مستلزمات مناخ أبرد والتأثّر بالشعوب المستعمرة. لقد حمل الغاليون الثوب المفصّل، المطابق والمدروز، مع السراويل التي ستصبح البنطلون، والجوارب والمعاطف ولكن ربّما أيضاً استعمال الفرو والمشابك. لسنا ملمّين بما فيه الكفاية بتقنيات الصبغ التي تطوّرت فعلاً من حيث انتشار المواد المستعملة.

لم يكن بوسع الصناعة الخزفية أن تكون أكثر من تقنية مشبعة، والمساهمة الرومانية، حسب قول ب. دوفال، لم تتناول أكثر من استعمال القالب المزيّن، مجوّفاً أم أملس، من أجل صناعة كميات كبيرة من الخزفيات، المزيّنة غالباً بواسطة بروز. لكن هنا أيضاً، لا بشكل تعميم الطرق المعروفة، بحكم المجال الجغرافي السياسي، تجديداً بالمعنى الحقيقي. قد يكون من المفيد الإشارة إلى حدث جديد هو تنظيم الانتاج في مناطق مركّزة جغرافياً، مثل أريتزو Arezzo في إيطاليا، لوزو Lezoux ولا غوفرسنك la Gaufresenque في فرنسا. هذا الأمر كان يستلزم أفراناً ذات أبعاد أكبر بكثير؛ كان الفرن يتألّف من ثلاثة أقسام على طابقين: في الأسفل يوجد الموقد، غالباً تحت الأرض، ثمّ موقد مجاور مقسوم إلى نصفين بواسطة جدار يساعد في حمل أرض القسم الثالث، غرفة الخبز. ويُحكى عن إنتاج مجموعات من 3000 آنية في لاغوفرسنك.

في مجال الصناعة الزجاجية كان الرومان أكثر تجدّداً دون شكّ، ويذكر شيشرون أنّ الزجاج ظهر في روما نحو العام 20، بشكل زجاج منفوخ، أتى من سوريا، بعد ما لم يكن يعرف سوى الزجاج المسكوب أو المقلوب. ومذ ذاك لم يعد محكوماً بشكل معيّن، مفروض، وأخذ الانتاج حرّية أكبر بكثير. خلال القرن الثاني، كان يُعرف الزجاج نصف الشفاف، الشبيه بالبلّور، والزجاج النافذ، والمرآة فوق المعدن، والمكبّر بشكل كرة مملوءة بالماء. هنا أيضاً من الصعب تقدير مدى التطوّر وهذا بحكم جهلنا لبدايات الزجاج، ولكنّ ثمّة شيء لا بدّ من الإشارة إليه: إحصاءات وجود الزجاج في مختلف الطبقات الأثرية.

حول النجارة وصناعة الأثاث تنقصنا الدراسات الجيّدة. الأثاث الروماني كان حتماً نفسه كما في حوض المتوسّط، الذي لا نعرفه بشكل أفضل؛ هنا أيضاً ربّما جرى تكييف وتبنٍّ لتقنيات الشعوب المستعمرة. المقعد ـ البسلّة ذو الظهر المستدير يبدو غالي الأصل وكذلك المائدة ذات القوائم الأربع، مغطّاة بغطاء بشرّابات، ويُجلس حولها. يقول ب.

دوفال: «لقد عرفت صناعة الأثاث بشكل عام تطوّرات كبيرة في ذلك العصر.» للأسف نفتقر إلى التفاصيل.

في مجال الصناعات الكيميائية نشير إلى ظهور الشمعة، مع فتيل من ليف نباتي، من البردى، الكتّان أوصهارة الأسل. أمّا الصابون واسمه سابو Sapo فهو غالي الأصل، فقد كان أوّلاً على ما يبدو عبارة عن مزيل لألوان الشعر ولم يأتِ إلى روما، كمادّة للتنظيف، إلاّ في القرن الرابع، وقد كان عند بدايته مزيجاً من الشحم، الرماد وربّما عصارة أعشاب حمراء ذات خصائص علاجية؛ بعد ذلك استعمل لتنظيف البشرة وغسل الثياب.

وجاء الكتاب العادي Codex بدلاً من المخطوطة الملتفّة Volumen غير العملية، صفحاته كانت من البردى ثم أصبحت، انطلاقاً من نهاية القرن الثالث، من الرقّ. أساس الحبر كان من الدخنة، تُحلّ في سائل؛ إنّه الحبر الذي يأتي من برغاموم Pergame.

البناء

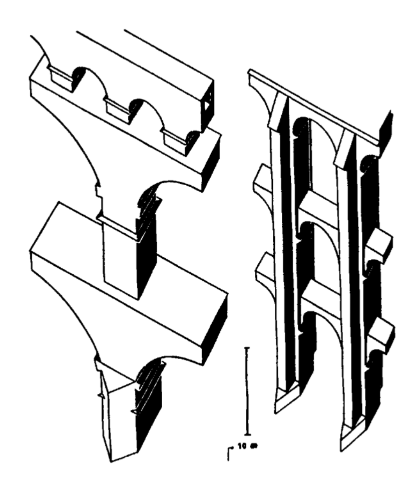
لطالما اعتبر الرومان معلمّين في فنّ البناء، كذلك فإنّ وفرة الأنصبة والآثار، المحفوظة بشكل عام بصورة أفضل من العهود السابقة، وحجم بعضها يعطيان فكرة عن تمكّن لا يقبل المجادلة.

في الواقع بقيت برامج المدينية والأساليب كما في عهد الإغريق. ويجب النظر في مجموعتين من المسائل: أنواع الأبنية وتقنيات البناء.

أنواع الأبنية

في الحقيقة يتعلّق البحث في هذا المجال بتاريخ الهندسة المعمارية ولكن لا بأس من أن نذكر هنا بعض الأشكال التي أعطت الشهرة للمعماريين والمهندسين الرومان: قوس النصر، المدرج، قناة الماء، الجسر، النصب التذكاري، البانتيون، العمود النذري والفيلاّ.

لا يمرّ هذا التعداد دون التباس، ففي الواقع عرف اليونان كما رأينا القناة المائية وكذلك التخطيط والتنفيذ لجرّ المياه. من الصعب القول ما إذا كان العصر القديم غير الروماني قد عرف الجسر أم لا (شكل 13)، لكن يبدو أنّه يجب نسب هذا العمل إلى الرومان ولكن من حيث أنّه يندرج ضمن نظام اتصالات بريّة لم تعرفه اليونان أو لم تكن بحاجة إلى معرفته.



شكل 13. ــ عقد جسر البون دوغار Pont-du-Gard (إلى اليسار) وعقد جسر قناة سيغوفيا Ségovie (إلى اليمين).

(عن أ. شوازي)

كلّ هذا يمثّل شيئاً يتعلّق في آن واحد بفنّ التقنية وفنّ السياسة، وليس ما يدهش في هذا. فن من حيث الشكل، تقنية لأنّ بعضاً من تلك المباني كان يتطلّب حلولاً جديدة، وسياسة من حيث أنّها كانت مظاهر للسلطة الرومانية.

إنّ ظهور هذه المباني ليس سوى نتيجة تنظيم معيّن، سياسي أو اجتماعي، أكثر منه اقتصادي. إنّه أيضاً نوع من مفهوم للمدينية وثمّة مجموعات لم يعد لها نفس المدلول كما إبّان الحضارة الإغريقية: فانطلاقاً من عصر معيّن لم يعد الشعب سيّد المدينة. من هنا التغييرات العميقة في بنية المدن. نشير أيضاً إلى أنّ امتداد الحضارة الرومانية نحو الشمال أحدث بعض التعديلات: لم يعد هناك من جدوى من الطرقات الضيّقة والمعابر المستورة لتجنّب شمس قوية عند أطراف البحر المتوسّط، وذلك ما أن نجتاز حدّاً جغرافياً معيّناً.

لا يبدو أنّه في هذا المجال قد أخذ الرومان شيئاً عن الشعوب البربرية التي أخضعوها، فهذه الأخيرة، رغم أنّها عرفت «المدينة»، لم تبتكر أنواعاً من الهندسة المعمارية يمكن اعتمادها.

ما هو مهمّ في المفهوم الروماني لمختلف الأبنية، والذي اعتمدته الحضارات اللاحقة (مثل البازيليك الذي انتقل من العالم الروماني إلى العالم المسيحي)، هو مجموعة البرنامج المعماري، حيث كلّ مبنى يرتبط بالمباني الأخرى: باختصار لدينا هنا نظام كامل، وثيق الترابط.

طرق البناء

في هذا المجال يبدو تجديد الرومان على نطاق واسع، ويمكننا تقسيم الطرق في بعض مجموعات كبيرة.

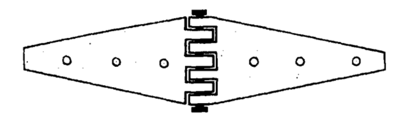
كان يتمّ تجميع الحجارة كبيرة الحجم بلا ماء بينما كان تجميع الحجارة الصغيرة يتطلّب وضع ملاط لا سيّما إذا كانت صغيرة وغير منتظمة. إذن في بناء من هذا النوع كان الملاط يلعب دوراً مهمّاً، وكان تكوينه محدّداً منذ بعض الوقت، حيث عُمل به في القصور الهلّينية، خاصّة في برغاموم (كلس، رمل وصلصال). هذا الملاط يصبح صلباً مع الوقت إلى أن يشكّل إندماجة واحدة مع الحجارة التي يصل بينها، وهو سهل الصنع ويعلق بسرعة، ويعود هذا إلى طبيعة مكوّناته وإلى حسن استعماله لمنع تشكّل وبقاء الفقاقيع الهوائية. كان الضغط يتمّ بواسطة مدقّة تعمل بين لوحين خشبيين عاموديين. لقد أظهرت التحاليل التي جرت على الملاط الروماني وجود رمال ناعمة نوعاً ما، وكلس، وغبار فحم الخشب، وصلصال وعندما كان يقتضي الأمر، وجود حصى وآجر مدقوق. أمّا النسب فهي بشكل عام واحدة في جميع أنحاء الامبراطورية، ومن قرن إلى آخر: وحدة من الكلس مقابل ثلاث وحدات من الرمل، أو اثنتان مقابل خمس. كان الرمل والماء يُمزجان مع مالط مركّب من الكلس والصلصال. من أجل هذا الملاط ابتكر الرومان المسجّة، ضمن شكل قريب جدّاً من المسجّة التي نعرفها اليوم.

كان يجب أثناء عملية التجفيف تجنّب التواء الجدار وضمانة التحام واجهته وردء التصدّعات، وكانت تُترك دعائم السقالات في التجويفات بعد نشرها عند الطرفين، كما كانت توضع على طول الحائط قطع من الآجر تضمن المستوى الأفقي والتحام المدماك بالآخر وربّما في هذا تأثّر بطريقة الغاليين في وضع عارضات من الخشب متقاطعة. وكان الرومان يعرفون رصف المداميك قطرياً أو على شكل سنبلة أو حسكة السمك. أمّا قطع

الآجر والأقواس واللياسات فكانت تتماسك بفضل أغصان وحزوز هندسية توضع على وجه دبشات المدماك.

لقد اعتمد الرومان القرميد الإغريقي، الذي ندعوه اليوم القرميد الرومي أو المستدير، والشيء نفسه بالنسبة لصفائح الحجر والمرمر. بالنسبة للنوافذ بدأ استعمال الزجاج النافذ في القرن الثالث الميلادي: نفس الشيء بالنسبة للزجاج الملوّن.

بالمقابل حدث تجديد في ما يتعلّق بالأبواب. لم يكن الإغريق يعرفون تعليق الأبواب بالمفاصل كما فعل اليوم، لكن يبدو أنّ الرومان استعملوا المفاصل مع حلقات تتناضد إحداها فوق الأخرى وتنتمي بالتناوب إلى الأولى أو الثانية من المفصّلتين والكلّ يتماسك بواسطة وتد. وقد رأينا الشواهد في متحف تنقيبات فيلاّ كاتولوس Catulle في سيرميوني Sirmione، إيطاليا، على ضفّة بحيرة غاردا (شكل 14). لقد بنيت هذه الفيلاّ وتوسّعت بين القرن الأوّل ق.م والقرن الأوّل الميلادي. والأمر عبارة عن تطوّر ملحوظ بالنسبة للنظام القديم القائم على رزّات تُجعل في حُقق عند أعلى الباب وأسفله.



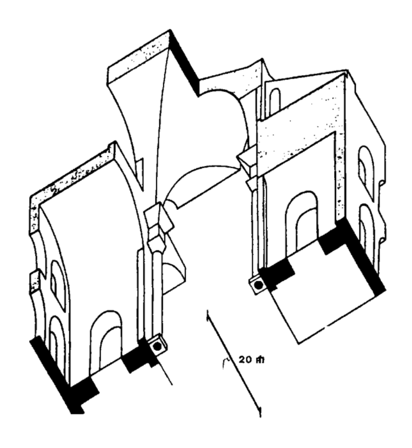
شكل 14. ـــ مفصّلة (سيرميوني).

كذلك ندين للرومان بتقنية أخرى مهمّة: المفتاح ذو اللسان والقفل من النوع الحديث. أغلب الظنّ أنّه قبل هذا الاختراع لم يكن يعرف سوى المزلاج الخشبي، وهو قفل غير أكيد أبداً. من الصعب تحديد تاريخ ظهور هذا القفل الحديث ولكن يُقال أنّه كان خلال القرن الثالث: أبحاث فريمون Frémont بهذا الشأن تجاوزتها التنقيبات الأثرية التي جرت منذ أن نشر كتابه حول صناعة الأقفال.

مع العقد نقترب من موضوع لطالما دار حوله النقاش؛ حتماً أصل العقد إغريقي ولكن ننسى هذا الأمر أزاء كثرة العقود الرومانية، وقد أعطى الرومان للعقد حجماً كبيراً لم تعرفه الحضارات السابقة: انتشر اعتماده بحكم ازدياد طبقات البناء والأدراج والجسور والمدرجات، كما أجريت عليه بعض التحسينات الملحوظة (شكل 15)؛ لقد كان الغطاء المثالي لعدد كبير من الأبنية. من جهة أخرى كان يتطلّب تقطيعاً متقدّماً للحجارة وتقنيات تركيب خاصّة، ولا شكّ في أنّ اكتساب هذه التقنيات هو الذي ساعد على انتشار طريقة

البناء هذه. لقد كان تقطيع الحجارة إبن علم الهندسة: هل كان موجوداً عند الإغريق؟

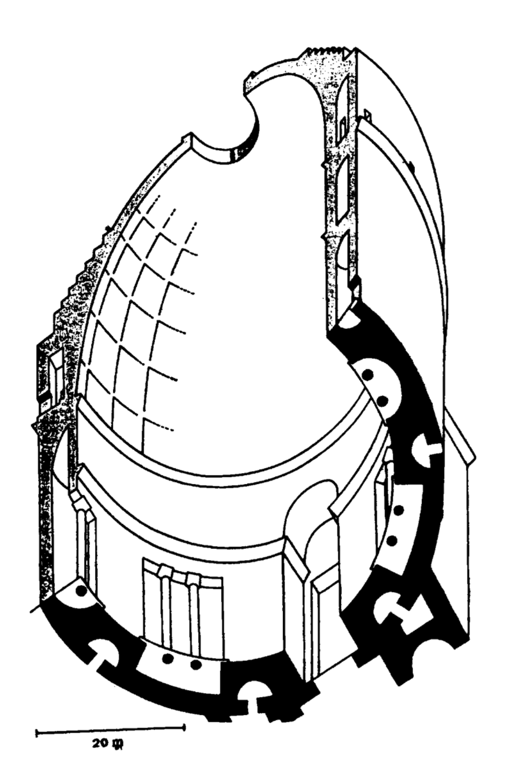
بالمقابل من المحتمل أن يكون الرومان هم من ابتكر هذا الشكل الخاص للعقد الذي هو القبّة (شكل 16). على أيّ حال لئد نفّذوا منها النوعين الأساسيين: القبّة القائمة على العقود الزاوية والقائمة على المثلّث. هنا أيضاً، الأهمّية تعود لطرق البناء، كما نلحظ بسرعة أنّ القبّة كانت تُرفع دون استعمال السقالة. وأجمل مثل نأخذه هو قبّة البانتيون في روما.



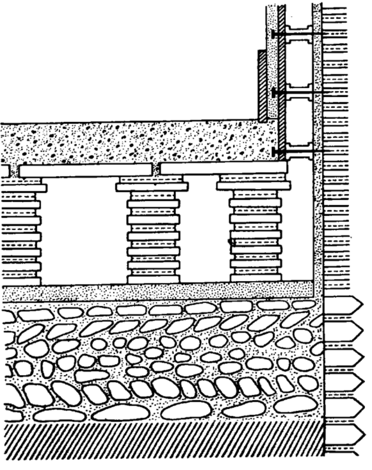
شكل 15. ــ بازيليك ماكزنتيوس Maxence.

(عن أ. شوازي)

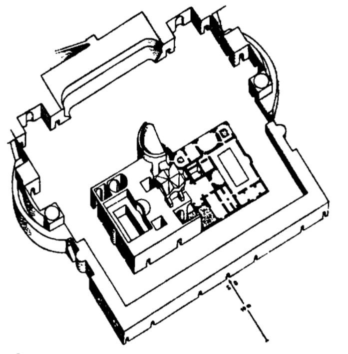
كذلك أحرز الرومان تطوّراً في فنّ إقامة هيكل البناء حيث بقي الإغريق طويلاً في طور بدائي بعض الشيء. ويُعتقد أنّ وضع الصقائل الكبيرة التي كانت تتطلّبها الأبنية الضخمة هي التي سمحت للمعماريين الرومان بحلّ بعض المسائل التي لم تعالج كما يجب قبلاً. وإنّ أكثر مدعاة للفخر عند الرومان بهذا الصدد هو اختراعهم لثبيتة السقف والصقالة المثلّثة، التي حلّت بصورة أفضل بكثير محلّ التكديسات التي كانت معروفة سابقاً. كان هذا بداية كلّ فنّ وضع هياكل البناء الحديث كما نعرفه اليوم.



شكل 16. ــ البانتيون Panthéon (عن أ. شوازي)



شكل 17 . ـ مقطع من فرن أرضي قديم .(عن م. دوما)



شكل 18. ـ حمامات الحمة (Thermes)عند كركلا (عن أ. شوراب)

أمّا الجسر فهو دون شكّ ابتكار روماني، وقد ساعد في نجاحه انتشار العقد. من المستبعد في الواقع أن يكون الجسر قد عُرف في اليونان القديمة، وذلك أيضاً لأنّ شبكة طرقاتها كانت معدومة تقريباً. إنّ توسّع الاتّصالات البرّية والحاجة لضمان وصول الرسائل والفرق إلى مقصدها في مختلف الظروف أعطيا الجسر كلّ الأهمّية. للأسف لا نعرف كثيرا كيف تمّ تأسيس أعمدة هذه الجسور، وهناك جسور تتضمّن أعداداً كبيرة من الأعمدة مُقامة في أنهار عريضة وأحياناً ذات منسوب كبير جدّاً. يتضمّن جسر القنطرة في إسبانيا عقوداً يبلغ مداها 27 متراً، وجسر نارني Narmi عقوداً بمدى 32 متراً، وتغوص أعمدة جسر سانت - آنج Saint-Ange في روما حتّى عمق خمسة أمتار في نهر التيبر. تلزمنا دراسات دقيقة أكثر ومنهجية أكثر من أجل التعرّف إلى الطرق التي اعتمدها المهندسون الرومان في بناء الجسور: لكن لم نحصل بعد على قائمة شاملة بها.

أنظمة التدفئة ربّما كانت هي أيضاً ابتكاراً رومانياً (شكل 17)، وكانت التدفئة تلتصق وتتكامل مع المبنى، لا سيّما في حمّامات الحمّة Thermes. والنظام المفضّل كان الفرن الأرضي وهو عبارة عن غرفة دافئة الهواء تقع تحت الأمكنة التي تراد تدفئتها. الطريقة كانت بالطبع قديمة: فهي في الواقع كانت موجودة في الحوض الهندي منذ الألف الثالث ق. م. وقد أدّى استعمالها منهجياً إلى تطويرها، تطوير ساعد عليه استعمال تكديسات الآجر(شكل 18).

بالإجمال، استفاد الرومان أقصى ما يمكن من التقنيات التي ورثوها. لقد اعتمدوا التقنيات الإغريقية في الحجر، وطوّروا بشكل واسع تقنيات الآجر الذي كان مادّة البناء الرئيسية في العصر القديم الروماني. كما تعلّموا دون شك كثيراً من البرابرة عدداً معيّناً من تقنيات الخشب، التي استعملت على نطاق واسع في المناطق حيث الموارد الخشبية أغنى بكثير من مناطق حوض البحر المتوسّط. وتجلّت عبقريتهم عبر التوفيق بين كلّ هذه التقنيات واستعمالها حتّى أقصى حدودها؛ عبر هذا استطاعوا الوصول إلى تلك السيطرة التي ما تزال تثير إعجابنا.

معطية جديدة: المدى الجغرافي والمواصلات

إنّ المساحات الشاسعة، هذه المساحات التي بإمكانها أن تحدث تحوّلات تقنية، لم تظهر فعلاً إلاّ في ظلّ حكم الاسكندر. فمصر القديمة لم تكن أكثر من شريط ضيّق يمتدّ بمحاذاة نهر النيل. والجديد في الامبراطورية الرومانية ليس امتدادها الجغرافي وحسب بل أيضاً توسّعها حتّى مناطق متنوّعة جدّاً من حيث مناخاتها ومن حيث مواردها الطبيعية، وقد سبق أن أشرنا إلى أهمّية هذا الأمر. كلّ هذا المدى كان المطلوب بالطبع تنظيمه وقد رأينا أنّ الرومان دفعوا بتقنيات التنظيم خطوات جبّارة.

وسائل النقل

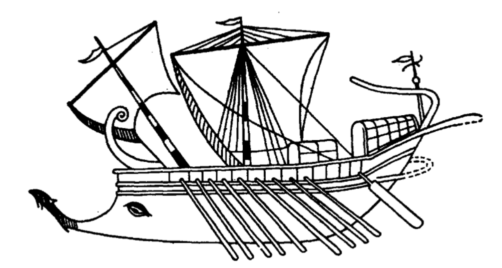
تتعلّق وسائل النقل بتقنيات النقل نفسها وكذلك بكل الأسيسات اللازمة، ومعلوماتنا في هذا المجال متفاوتة جدّاً. لقد وُضعت الدراسات الكثيرة حول الطرقات، الطرقات الرومانية الشهيرة، وراجت مؤخّراً الأبحاث الأثرية البحرية مع استكشاف حطامات السفن. إلى جانب هذه القطاعات المفضّلة، هناك قطاعات أخرى بالكاد لفتت انتباه المؤرّخين.

يبدو أنّ معظم العربات التي استعملها الرومان كانت ذات عجلتين، كما لا يمكن التسليم بأنّ العربات ذات العجلات الأربع كانت مزوّدة بمقدّم متحرّك، ولهذا لم تكن سهلة القيادة. بالطبع هناك مصوّرات تمثّل عربات بأربع عجلات لكنّ استعمالها كان محدوداً.

الحصان لم يكن مبيطراً وهذا أمر معروف اليوم بشكل عام جدّاً، كذلك لم يعرف الرومان النير الحديث، بواسطة إكليل الكتف: وحده النير القديم الذي يربط عنق الحيوان كان معتمداً، من هنا كان يجب التخفيف من وزن الحمولة المنقولة. إذن كان النقل البرّي يتمّ بواسطة الحمل أكثر منه بواسطة العربات وذلك حتّى فترة متقدّمة من القرون الوسطى. من جهة أخرى أصدر الامبراطور ديوكليسيان أمراً بالحدّ من حمولة العربة ذات العجلتين على الطرقات المهمّة.

استعملت طرق الملاحة على نطاق واسع ولدينا بهذا الصدد إشارات عديدة. هنا أيضاً من المفيد وضع خريطة للملاحة في العهد الروماني: حتماً هي ليست صعبة التحقيق. لقد أظهرت لنا بعض الاكتشافات الأثرية أنواع الزوارق التي كانت تُستعمل ويحتفظ متحف أوترخت Utrecht بواحد منها استعمل على الأرجح على نهر الراين أو لاموزيل، إنّه سفينة مسطّحة نسبياً، مرفوعة عند طرفين توأمين، وكانت سعتها ضعيفة، إذا سلّمنا بأنّها كانت وسيلة لنقل البضائع.

الملاحة البحرية شهدت تطوّراً ملحوظاً، فقد اكتسب الرومان خبرة الإغريق في هذا المجال كما استفادوا بالطبع أيضاً من تقنيات الشعوب الأخرى، لا سيّما القبائل البحرية في بلاد الغال (المعروف أنّ قيصر كان معجباً كثيراً بسفن شعب الڤينيت Vénètes). كان عتاد سفن الڤينيت من الحديد، وهيكلها من خشب السنديان مثبتاً بواسطة مسامير طويلة، أمّا أشرعتها فكانت من الجلود المدروزة. السفينة التي كانت تنقل، حسب قول لوسيان Lucien، القمح من مصر في القرن الثاني، كانت أشرعتها من الجلد. وكان لهذا الأمر سيئاته خاصّة عند القيادة (شكل 19).



شكل 19. ـــ سفينة رومانية من سوس Sausse.

(عن م. دوما)

قدمّت التنقيبات في عمق البحار كمّية كبيرة من المعلومات حول البحرية الرومانية في حين أنّنا لم نكن نملك قبلها سوى مصوّرات يصعب تفسيرها أحياناً. لقد تناولت الأبحاث بالفعل أكثر من عشرين حطاماً لسفن من منتصف القرن الثاني ق. م حتّى القرن الرّابع الميلادي؛ لقد كانت سفناً ذات صالب، تتضمّن هيكلاً داخلياً مؤلّفاً من مزدوجات متّصلة أو غير متّصلة ومن عناصر وصل طولية (وأم، حزام السياج) وعرضية (مزدوجات، دعائم). إزار السفينة، بسيطاً أو كان مزدوجاً، كان دائماً مثبتاً بواسطة ألسنة وفرض، ومجلفطاً بعناية وأحياناً مع طبقة ثانية من الرصاص. تثبّت الأجزاء ببعضها بواسطة أوتاد ومسامير من النحاس خاصّة. أمّا بالنسبة للأخشاب المستعملة فكانت متنوّعة ومختارة تبعاً لوظيفتها، كانت تؤخذ مشيقة أو تُلوّى تحت تأثير الحرارة. وتظهر الأزر مجتمعة عند الصالب والمزدوجات مُدرجة بعد تركيب الأزر. كلّ هذه التقنيات مشتقّة مباشرة من الطرق المصرية.

يمكننا تسجيل تطوّر في السفينة من النوع الإغريقي من «كونغلوي Congloué الكبير» (القرن الثاني ق. م) إلى سفن القرن الرابع الميلادي. بعد منتصف القرن الأوّل ق. م، أصبحت كلّ السفن بإزار واحد، إذن مع غاطس أخفّ، ما يجعلنا نفترض تقوية في القفص. ثمّ توقّف وضع طبقة الرصاص بين القرن الأوّل ونهاية القرن الثاني لأسباب تصعب معرفتها. وقد تسبّب هذا التطوّر بالتخفيف من وزن الغاطس وتقوية الهيكل الداخلي (مسمرة أكثر انتشاراً)، ويندرج في التقليد المتوسّطي منذ عهد المصريين، كما نرى تكامله في السفينة التي اكتشفت عام 1975 في مرسيليا. نشير أيضاً إلى ظهور سارية ثانوية في الأمام، منحنية على مقدّم السفينة.

كانت السعة المتداولة في العصر الهلّيني تبلغ 130 برميلاً، في العصر الروماني بلغ الشحن الامبراطوري 340 برميلاً ووصل حتّى 1300 برميل في السفينة المبنية في أوستيا Ostie من أجل نقل القمح المصري. ونشير أخيراً إلى عدد كبير جدّاً من أنواع السفن.

أسيسة المواصلات

تُعتبر تقنيات أسيسة المواصلات من نفس درجة أهمّية وسائل المواصلات نفسها، إنّها تقنيات مرتبطة حكماً فيما بينها ومرتبطة أيضاً مع تقنيات من نوع آخر.

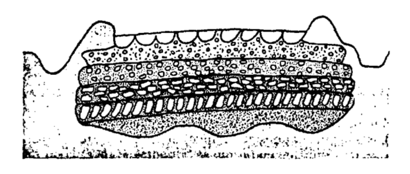
قيل دوماً أنّ الرومان لم يتعاطوا تجهيز الأنهار والسواقي لكنّ هذا الكلام لا يبدو صحيحاً تماماً، فقد رأينا قناة كوربولون Corbulon بين الراين والموز Meuse، وقناة دروسوس Drusus عند الدلتا الخطير، وكذلك قناة ماريوس Marius بين آرل Arles وفوس Fos. لقد أهمل كثيراً هذا النشاط عند المهندسين الرومان.

بالمقابل لطالما كانت الطرقات الرومانية محطّ مديح وثناء وتبقى مشهورة بحقّ (شكل 20). إنّها عبارة عن تجديد متأخّر نسبياً ومهمّ من حيث أنّها لم تكن موجودة تقريباً في اليونان القديمة. الجميع يتذكّر بنيتها الممتازة؛ لقد كانت عبارة عن قارعة مؤسّسة في العمق، في حفيرة واسعة، يحيطها من الجانبين حفر تصريف وحدرات خفيفة. البعض وصفها بأنها جدار حقيقي مدفون. التجديد الحقيقي كان في تكديس طبقات من دبش مسطّح، وركام وحصى، وفرشة منحرفة، ورصف من الحجارة وأحياناً طبقة من الملاط. كانت الطريق مقبّبة وتعلو قليلاً عن الأرض المحيطة، كما أنّها كانت تتميّز بنوع من المرونة يساهم في متانتها. السيّئة الوحيدة كانت، في البلاد الشمالية من الامبراطورية، الجليد: كانت الماء تخرق هذا التركيب وبتجمّدها تصدّعه وتشتّته.

لقد تكلّم بليني عن عرض طريق يبلغ 18 قدماً (5,35 م)، وأحياناً كان يبلغ ضعف هذه القيمة بالنسبة للطرقات الكبيرة. وقد كانت مسائل التخطيط موضع نقاشات عديدة، وبالطبع يجدر التمييز: إنّ الخطّ المستقيم اعتمد غالباً ولكنّه لم يكن معمّماً ويعود هذا إلى وجود بعض المناطق الجبلية. الفكرة الثانية هي فكرة استمرار الخطّ، فقد كيّف الرومان شبكة طرقاتهم مع نوعية الوسائل وحركة المرور ومع التعديلات التي لا يمكن تجنّبها في هذه الأخيرة. على أيّ حال، أقام الرومان شبكة واسعة جدّاً قدّرت بحوالي 000 90 كلم للطرقات الكبيرة و 000 200 كلم للدروب الفرعية.

الجانب الغربي من البحر الأبيض المتوسّط كان أفقر من ناحية المرافىء الطبيعية، لهذا اضطر الرومان إلى إنشاء مرافىء اصطناعية أكثر عدداً من الإغريق الذين أثبتوا مع ذلك

جدارتهم في هذا المجال مع مرفأ الاسكندرية في العصر الهلّيني. من هذه المرافىء الرومانية بقيت لنا بعض الأمثلة الملحوظة: كان مرفأ أوستيا عند مصبّ نهر التيبر يتضمّن عدّة أحواض متتالية، منها الحوض الكبير الذي وصفه بليني الشاب Pline le Jeune والذي بني في عهد الامبراطور تراجان Trajan. نذكر أيضاً مرافىء سيفيتافيكيا Civitavecchia، تراسين Terracine، بوتزول Pouzzoles وميزينو Miséne في إيطاليا وشيرشيل Cherchel وليبتيس مانيا Leptis Magna في إفريقيا. أمّا مرفأ فريجوس Fréjus في بلاد الغال فقد حُفر بسواعد الرجال وفي عمق اليابسة: وبقيت أحواضه تُستعمل حتّى القرن السابع عشر. لم يكن الرومان يعرفون وسيلة لتجنّب التوحيلات لكنّ بناءهم للأرصفة البحرية وصل إلى درجة عالية جدّاً من الإتقان: ونلمس هذا الأمر في الأرصفة المكتشفة حديثاً في مرسيليا.





شكل 20. ـ مقطع من الطريق الرومانية.

(عن م. دوما)

تنظيم المياه

إنّ حجم تنظيمات المياه الرومانية يثير الإعجاب ومع هذا لا تتضمّن جديداً إلاّ جزئياً، فنفق ساموس Samos، وقناة بيزيستراتوس Pisistrate والتقنيات المائية في بلاد ما بين النهرين وفي فارس كلّها إثباتات على أنّ البشرية كانت قد بذلت جهوداً جبّارة في هذا المجال. هنا أيضاً أكثر ما يثير الفضول هو أبعاد الإنجازات.

لا شكّ في أنّ الانتاج الوفير للرصاص لا سيّما من المناجم الاسبانية هو ما سمح، من أجل عبور الوديان، بإقامة الجسور المائية، التي لم تكن تعرف سابقاً أبداً، و «السحّارة المعكوسة»، وكذلك مضاعفة التوزيع في المدن. بحكم تمكّنهم من تقنية متطوّرة، خاصّة في ما يتعلّق بمسائل تمهيد المستوى، وأجهزة تنظيم مجرّبة، يعطينا عنها فرونتينوس Frontin

أفضل الأمثلة، كان الرومان، وأينما كانت المدينة، لا يتردّدون في الذهاب لجرّ الماء من بعد 33,50 وحتّى 100 كلم. وكانت تُجرى كلّ الأعمال لجعل الانحدار كافياً ومنتظماً؛ إذا كان الانحدار قوياً كان يتمّ قطعة: هكذا بالنسبة للشلاّلات الأربعة والعشرين التي تنقل الماء بهدوء من جبال المورڤان Morvan إلى مدينة أوتون Autun.

لقد أتى المؤرّخون عادة على ذكر الأنفاق لإظهار الأخطاء التي كانت تحدث فيها، مثل بوجي Bougie نحو منتصف القرن الثاني. أمّا التقاط الينابيع فكان دوماً ناجحاً، وكذلك الأحواض الخزّانة، والفتحات وخزّانات التوزيع. بشكل عام كانت المنحدرات أقلّ من 0,2 لكلّ 1000. ويكفينا ذكر الإنجازات الرائعة في البون دوغار وسيغوڤيا. السحّارة المعكوسة في ليون Lyon احتاجت إلى 26 كلم من أنابيب الرصاص، ونذكر أيضاً العبور من الرون Rhône إلى آرل Arles بواسطة أنبوب من الرصاص.

لطالما نُسبت إلى العرب التنظيمات المائية الكبيرة المنجزة في افريقيا الشمالية كما في إسبانيا، في الواقع ما قام به العرب هو إعادة تناول وتحريك الإنشاءات الرومانية. وللحقيقة تنقصنا الدراسات الدقيقة حول هذه الأعمال التي بقي بعضها يُستعمل حتّى نهاية القرن السادس عشر.

في كلّ هذه المجالات، لا شك أنّ حجم الإنجازات الكبير طرح مسائل جديدة؛ فبفضل هذا الامتداد في المكان استطاع الرومان دفع التقنيات التي ورثوها عن الإغريق وبلاد الشرق الأدنى وذلك حتّى أقصى الحدود. لقد اصطدم الإغريق بضيق مساحة مدنهم، أمّا امبراطورية الاسكندر، المنهمك بالغزو، فلم تجد الوقت الكافي. الرومان تنعموا في آن واحد بالمساحة وبالقرون.

من الصعب إعطاء حكم إجمالي على المستوى التقني عند الرومان ولا شكّ في أنّ أخطاء عديدة ارتكبت بهذا الصدد. من الممكن هكذا تلخيص حصّة الرومان من تطوّر تقني بقي شبه ثابت حتّى عصرهم ويبدو وكأنّه استقرّ بالتحديد معهم.

بالطبع لا نميّز سوى القليل جدّاً من التجديدات الأساسية، لقد أشرنا أكثر من مرّة إلى أنّ الرومان كانوا، تقريباً في كلّ الميادين، ورثة الإغريق وعبرهم ورثة كلّ تقنيات الحوض الشرقي للبحر المتوسّط.

لا شك بأنّهم بحكم غزواتهم وتوسيع حضارتهم جغرافيا استفادوا من التقنيات غير المعروفة في مناطق البحر المتوسّط كما رأينا بالنسبة لبرغاموم Pergame، والتقنيات الغاليّة أو الجرمانية. من هذا المنطلق أمكن إكمال النظام التقني المتوسّطي.لكن دون أن يعرف هذا

النظام انقلابات عميقة. أمّا التقنيات المسمّاة «بربرية» فقد اندمجت تماماً مع المجموعة الموجودة.

كان طبعاً يوجد قطاعات تقنية كانت التطويرات فيها ممكنة، ومرجوّة؛ كما استنتجنا بالنسبة للأدوات، ولكن لا ننسى أنّ الرومان كانوا يتمتّعون ببعض المواد بكمّية أكبر بكثير من أسلافهم، من معلّميهم: الرصاص، النحاس، من إسبانيا، والحديد من كلّ المناطق الشمالية بالنسبة لإيطاليا، وهذه الناحية كانت ذات قيمة لا تُقدَّر: إنّ مواداً غنية لا تؤدي فقط إلى غزارة في الوسائل التقنية بل أيضاً إلى تنوّعها. ونلمس هذا الأمر بسهولة في أيّامنا هذه.

لنعد هنا باختصار إلى نتائج العرض حول تنظيم المدى الجغرافي. لا شك في أنّ توسيع هذا المدى يُحدِث تطويرات وتكييفات غير مفيدة أو غير ضرورية بالنسبة لمكان محدود؛ إن لم يكن الرومان مجدّدين بشكل خاص فهم حتماً منجزون كبار والمرور من البعد الصغير إلى البعد الكبير لا يتمّ دون تغييرات أكيدة.

هناك مسألة أخرى لم يركّز المؤرّخون كثيراً عليها. لقد تكلّمنا كما رأينا عن إعاقة التقنيات الإغريقية: يمكننا النظر إلى كلّ النصوص التي ذكرناها مراراً. يمكننا تطبيقها أيضاً على العهد الروماني الذي لم يعرف تجديداً مهمّاً ولا آلية متطوّرة وهذا في عصور لم تعد توجد فيها الأسباب المفترضة سابقاً أي الاستعباد أو احتقار العمل اليدوي، أو على الأقلّ لم تعد لها القوّة نفسها. وهذا أيضاً رغم تحسين بعض الظروف والشروط المادّية (ثروات طبيعية أوفر بكثير).

يلزمنا إذن النظر في أسباب أخرى، والإحاطة بها تبدو أصعب. واحد منها يخطر بسرعة للذهن: لم يجر الرومان بأيّ شكل كان تطوّراً في العلم، على الأقلّ في العلوم التي يتعلّق بها التطوّر التقني. إذ لم تكن الفيزياء ولا معرفتهم بالمواد أفضل ممّا عرفه الإغريق، رغم توسّع الحضارة الرومانية جغرافياً. البحث في هذا المجال هو على درجة من الوعورة وقد نجد أنّه يحقّ لنا القول بتجمّد حقيقي، كما بالنسبة للحضارة الصينية التي تجمّدت انطلاقاً من لحظة معيّنة. إنّ مفهوم هذا التوقّف، لأنّ هذه العبارة أصلح من عبارة التجمّد، سيبقى صعب التفسير تماماً مثل استئناف معيّن نحو منتصف القرن الثاني عشر. نطرح السؤال ولا نجد الحلّ: سيكون دوماً من المستحيل الأخذ بعين الاعتبار، بصورة منطقية أكثر ما يمكن، الحركات السلبية في الحضارة.

بيزنطية

سوف نلتقي بنفس المعطيات، وبنفس المسائل. نؤكّد على الفور أنّ اليونان الهلّينية،

روما والبيزنطية عاشت على نفس النظام التقني، وحدهم المتخصّصون محدودو الفضول استطاعوا الإدّعاء غير ذلك. إنّ ألق الحضارة البيزنطية أخفى غالباً نقصاً في التصوّر التقني، يمكننا كذلك التكلّم عن ألق الحضارة الهلّينية، وألق الحضارة الرومانية.

إنّ تاريخ بيزنطية كبير، من الناحية الزمنية: عشرة قرون، من بعد العام 500 بقليل حتّى منتصف القرن الخامس عشر. لنحدّد فوراً أنّه بعد القرن الحادي عشر قمنا بدمج بيزنطية، وبحقّ على ما يبدو، مع مجموعة العالم الأوروبي الغربي. إنّ «إقلاع» هذا الغرب الأوروبي انطلاقاً من القرن الثاني عشر يغطّي كامل الحضارة المسيحية، إذن بيزنطية أيضاً. أمّا من القرن السادس إلى القرن الحادي عشر فتبقى بيزنطية الانعكاس الصادق للحضارات السابقة.

الذاكرة التقنية

أفضل مثل على ما ذكرناه نجده عبر الأدب التقني الذي كان بمعظمه مجرّد إعادة للمؤلفات الهلّينية القديمة. وقد أظهر المؤرّخ أ. دان A. Dain كلّ التدرّجات التي انطلقت من مدرسة الاسكندرية، أو من قبلها، وتتابعت حتّى نهاية القرن العاشر. نلمس هنا أحد أبرز دلائل الاستقرار التقني الذي لا نملك عليه سوى القليل من الأمثلة الأخرى. أن نكتشف في القرن العاشر مقالات تعود إلى اثني عشر أو ثلاثة عشر قرناً خلت ونعتبرها جديدة هو موقف يميّز حتماً تجمّداً في الفكر التقني.

لقد كانت بمعظمها مؤلفات عن التقنية العسكرية تناقلت عبر الزمن من إنسان إلى آخر. من جهة أخرى لا نعرف جيّداً تلك الشخصيات ذات الأسماء غير الأكيدة؛ في الواقع كان أبولودوروس Apollodore الدمشقي مروماً كثيراً. وقد عمل لدى تراجان Trajan في روما، لقد كتب مقالة في فن الحصار لم يكن جديدها كثيراً، كان يكرّر، وعلى نطاق واسع، فيلون البيزنطي بالنسبة للتحصين، وأثينيه Athénée بالنسبة للآلات الحربية. فنّ التخطيط عند أونيساندر Onésandre،في القرن الأوّل، يعيد ما كتبه إنيه Enée الذي عاش في القرن الرابع ق. م. ويتبع هذا التقليد كلّ من إيليان Elien، أريان Arrien وبوليانوس Polyen: وحدها أمثلتهم التاريخية تتغيّر، وتبرهن عن استقرار في التقنيات المعتمدة.

يبدو أنّه في عصر جوستينيان، في القرن السادس الميلادي، حدث نوع من اليقظة؛ لكنّ الأمر لم يكن أكثر من عبارة عن إعادة لما كان قد كُتب لعدّة قرون خلت. مؤلّف في فن التخطيط العسكري وآخر في فن الحصار لم يُعرف صاحبهما، مؤلّفات في فن التخطيط ومقالة عن الصيد، لم تكن منشورة كثيراً، من أوربيسيوس Urbicius، دراسات في الميكانيك من أنتيميوس Anthémius الترالي (من ترال Thralles) الذي بدأ بناء كنيسة

القديسة صوفيا، كلّها ربّما أعمال أصيلة ومميّزة أكثر. ولكن نبقى ضمن تقليد النصوص القديمة، الجديد يكون في التفاصيل والروح العلمية تميل للتراجع إلى ما كانت عليه في العهد الاسكندراني.

كذلك حدث تجديد في القرن العاشر، مع ليون السادس (ليون الحكيم) وقسطنطين بورفيروجينيت Porphyrogénéte. لقد أحصى أ. دان سبعة تجميعات في ذلك العصر عرفنا من خلالها النصوص الكبيرة من مدرسة الاسكندرية: تجميعات نصوص حول الآلات، تجميعات في فنّ الحصار، تجميع في فنّ الخطط والتكتيك، وتجميع في الحرب البحرية قد يكون الأحدث لأنّنا لا نعرف أعمالاً سابقة له. الأمر هو عبارة عن إعادة تناول عامّة لكلّ المؤلّفات المعروفة؛ نيسيفورس أورانوس Nicéphore Ouranos الذي ختم نوعاً ما هذه الحركة قلّما تميّز بالأصالة، ومجلّد «جيوبونيكا» Géoponica وهو المجموعة الوحيدة التي تتضمّن نصوصاً تتناول الزراعة، من نفس العصر، ليس أكثر من تجميع لكلّ ما أنتجه ووضعه الخبراء الزراعيون القدماء حتّى ذلك الحين.

أحد أشهر مؤلّفي ذلك العصر هو دون شك هارون البيزنطي. إنّ إسم رأعمال هذا المؤلّف تثبت ما ذكرناه. بالنسبة للاسم، لا شيء يؤكّد أنّ هذه الشخصية كانت موجودة فعلاً، ويُقال أنّه جرت العادة بأن ننسب إلى من يُدعى هارون الأعمال المتعلّقة بالميكانيك التطبيقي. كتابه في علم مساحة الأرض ودراسته حول الآلات هما إعادة شبه كاملة لأعمال العصر الاسكندراني. وحده نشر علمي لكلّ هذه الدراسات قد يُظهر، بشكل واضح دون شك، استقرار العالم التقني البيزنطي.

التقنيات الكبيرة

لا نستشفّ سوى القليل من التجديدات في التقنيات البيزنطية الكبيرة، ربّما لأنها ليست مدروسة جيّداً هي أيضاً. كما الرومان، استفاد البيزنطيون من بعض التحسينات العائدة إلى الشعوب المحيطة بهم والتي تتعلّق ولا شك بظروف محلّية أكثر منه بعبقرية مبتكرة، ومحدودة على أيّ حال.

لا نسجّل أيّ تغيير في تقنيات الاستثمار، في الزراعة مثلاً المحراث البسيط الذي كان متداولاً، كما نرى من خلال المصوّرات، هو إرث معروف من العصر القديم الكلاسيكي. تقنيات الزراعة، الأدوات الزراعية الأخرى والأصناف المزروعة هي نفسها، ومؤلّف «جيوبونيكا» لا يذكر أيّ تحوّل كبير.

كذلك لا جديد فيما يخصّ التقنيات المنجمية والمعدنية. الحدث الوحيد المهمّ هو

تمكنّ استثنائي من إذابة البرونز، وأفضل شاهد هو تلك الأبواب البرونزية الكبيرة التي انفتح سوقها طويلاً نحو أوروبا الغربية: أبواب سان زينون San Zenon في ڤيرونا، سانت سابين Sainte-Sabine في روما، وربّما متكآت إيكس لا شابيل Aix-la-Chapelle. حتّى تاريخ ظهور المفصلة الحديدية كانت تلك الأبواب البرونزية أفضل نوع ابتكر من أجل الأبنية الغنية نوعاً ما. كانت الامبراطورية البيزنطية فقيرة بالحديد بشكل لم يسمح للتقنيات الحديدية باكتساب أيّ تطوّر.

لا تجديد أيضاً في مجال الطاقة؛ لا يبدو أنّ الطاقة المائية قد تطوّرت بشكل خاص حتّى في الأقسام المميّزة من الامبراطورية، ولكن هنا أيضاً نفتقر إلى الدراسات الدقيقة التي قد تساعدنا في التحقّق من هذا الحكم. في الواقع لا يمكننا الاعتماد سوى على مصوّرات، مثل طاحونة أفاميا، دون التأكّد ما إذا كانت هذه الشواهد تمثّل واقعاً عامّاً.

وسائل النقل شبيهة بالتي عرفناها في العهد القديم الكلاسيكي. النير تغيّر في الحقيقة في نفس الوقت مع أوروبا الغربية، أيْ انطلاقاً من القرن الثاني عشر، حتّى وإن كانت البيطرة بالمسامير وإكليل الجواد قد ظهرا قبل ذلك ببعض عشرات السنين.

أظهرت دراسات حديثة أنّ السفن البيزنطية مشتقّة تماماً من السفن الإغريقية، باستثناء الجلفطة التي أخذوها عن العرب. مع هذا قد نلمس تطوّراً ما في هذا المجال.

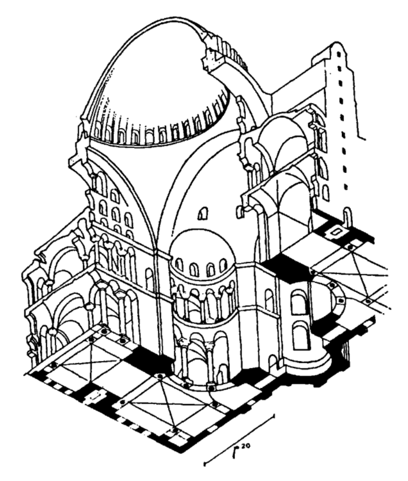
قبل الغزوات العربية كانت السفن تتطابق تماماً مع ما عرفه الإغريق، نذكر الدرمند وهو سفينة حربية ذات صفّ واحد من الجذّافين، وسفينة أخرى هي عبارة عن درمند خفيف.

العصر الممتدّ من القرن السابع إلى القرن الثاني عشر شهد ذروة البحرية الامبراطورية البيزنطية، هنا نذكر الدرمند ذا صفّي الجذّافين، الذين قد يصل عددهم حتّى مئة. لكن الأنواع بقيت شبيهة بالأنواع السابقة.

فقط نحو نهاية الامبراطورية تضاعف عدد ثنائيات المجاذيف وثلاثياتها. ولكن يبدو، ضمن حدود الاكتشافات حتّى اليوم، أنّ البحرية البيزنطية اكتفت بإعادة انتاج ما عرفه سابقاً العصر القديم.

لا شك في أنّ البيزنطيين كانوا من كبار البناة لكنّهم لم يأتوا بجديد مهمّ بالنسبة للتقنيات التي أخذوها إمّا عن الرومان إمّا عن الساسنيين، ولكن خاصّة عن الرومان. استعملوا الآجر على نطاق واسع حسب الطرق الساسنية، ومثل الرومان بنوا عقد القبّة دون قولبة، كما استعملوا الملاط الروماني مع الآجر. معظم إنجازات الامبراطورية البيزنطية، في القدّيسة

صوفيا (القرن السادس، شكل 21) أو في القدّيس مارك في البندقية (القرن الحادي عشر، شكل 22)، في الأقنية المائية أو في الأحواض، لا تُظهر أيّ جديد يُذكر.



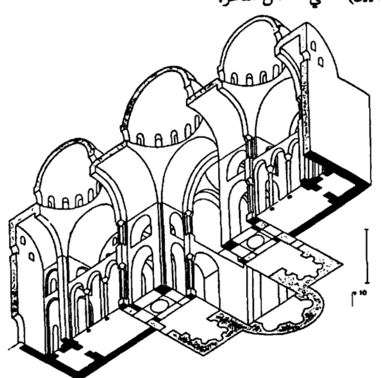
شكل 21. ـــ كنيسة القدّيسة صوفيا Sainte-Sophie.

(عن أ. شوازي)

الشيء نفسه بالنسبة لمجال تنظيم المدن حيث اتبع البيزنطيون التقليد الروماني. عند نهاية القرن الخامس كانت مراسيم زينون Zénon تحدّد عرض الشوارع، والشرفات الناتئة حسب قواعد كان الرومان قد عرفوها منذ وقت طويل.

إنّ حجم التقنيات البيزنطية يكمن في إتقان التنفيذ والزخرفة أكثر منه في الطرق المعتمدة. تقنيات النسيج كانت مأخوذة عن المصريين، ويبدو أنّ مغزل الخيوط ظهر خلال القرن الخامس. كما كانت مصانع الحرير، التي بقيت طويلاً للدولة، تتّبع التقنيات الساسنية. وما يدهش في كلّ الأنسجة البيزنطية التي انتشرت بكثرة في أنحاء العالم الغربي هو جمالها وتنوّع ألوانها ورسوماتها التي كان بعضها من وحي فارسي. نفس الكلام ينطبق على فنّ الصياغة، على الطلاء (الميناء) لا سيّما المجترع (ميناء يفصل بين ألوان نقشها شرائط

معدنية) الذي أثار الإعجاب في بيزنطية. نفس الشيء أيضاً بالنسبة لتفوّق الفسيفساء البيزنطية على الرومانية: إنّه غنى المواد، وتنوّع الألوان، لا سيّما الأسس المذهّبة (رقاقة ذهبية بين جانبين زجاجيين)، التي تدهش الناظر.



شكل 22. ــ كنيسة القديس سان مارك Saint-Marc.

(عن أ. شوازي)

لقد أُخذت التقنيات البيزنطية عن حضارات مختلفة كانت منذ أمد طويل متواجهة فيما بينها ومرتبطة ببعضها؛ إنّها في الواقع عبارة عن الامتداد الطبيعي لعمليّات التمثّل والاستيعاب التي قامت بها روما. ويمكننا تفسير بعض الخيارات إنطلاقاً من موقع الامبراطورية البيزنطية المتوسّطي والجنوبي، ففي الحقيقة: أ) من اليونان أتت تقنيات الزراعة، صيد الحيوان والسمك، والتقنيات البحرية: ب) من روما أتت كلّ تقنيات العمارة؛ ج) من الشرق: لآجر الساسني، الدمشقة والجلفطة العربيتان، والأقمشة المصرية.

كما بالنسبة لروما، قد نتساءل لماذا أبقت الامبراطورية البيزنطية على نفس النظام التقني الذي سلّمها إيّاه أسلافها وجيرانها. في الواقع إذا لم يطرح المؤرّخون على نفسهم هذا السؤال فهذا لأنّ الواقع التقني كان مختفياً نوعاً ما خلف حضارة متألّقة جدّاً. كان الثراء الفنّي في بيزنطية يحجب تقنية جامدة كلّياً. أكثر من هذا، من الضروري أن نحدّد مدى تمكّن الامبراطورية البيزنطية من الاستفادة من التقنيات الجديدة التي ولدت في أوروبا انطلاقاً

من القرن الثاني عشر. لم يعد بإمكان المدى الجغرافي الآخذ في الصغر تحت تأثير الغزوات العربية والتركية أن يقدّم للامبراطورية الشرقية المواد الأوّلية الضرورية من أجل تقنيات متطوّرة: وهناك أمر ملفت، إنّ امبراطورية الشرق اللاتينية، المنبثقة عن الحضارة التقنية في أوروبا الغربية، لم تحمل الكثير إلى تلك المنطقة: تحصين مكيّف بشكل أفضل، الطاحونة الهوائية وهذا تقريباً كلّ شيء. كانت الحاجة إلى الماء وغياب الطبقات المعدنية الطبيعية يجمّدان تقنيات تلك المنطقة من العالم المسيحي، ولم يكن بالإمكان تغيير الوضع. نهاية امبراطورية الشرق لم تأتِ فقط نتيجة الغزوات المتتالية، بل أيضاً بحكم الاختفاء التدريجي للموارد الطبيعية الضرورية من أجل حياة الأمّة.

مثال، النار اليونانية

لقد نُسب إلى بيزنطية طويلاً استعمال ما سُمّي آنذاك بالنار اليونانية، والتي هي على عدّة أنواع، إلاّ أنّ ابحاثاً حديثة أثبتت عكس ذلك وأنّ الزيت المعدني، وكذلك مسحوق معيّن، كانا معروفين منذ وقت بعيد.

يشير هيرودوتس، بمناسبة حصار الفرس لأثينا عام 480 ق. م، إلى استعمال أسهم مزوّدة بفتائل كتّانية كانت تُشغل عند القذف، إذن كان هذا الفتيل يُغطّس في مادّة قابلة للاشتعال. كما يذكر توسيديدس Thucydide بمعرض حديثه عن حصار بلاتيه Platée عام 479 ق. م وحصار دليوم Delium عام 424 ق. م، استعمال منافخ من أجل تأجيج نار حريق كان القار مادّته الأساسية. ويصف إينيه Enée المخطّط، في الفصول من 33 إلى 35 من مؤلّفه حول التخطيط، المقذوفات الحارقة بتفاصيلها. ويمكننا أن نكمل حتّى العهد البيزنطي. أشير للمرّة الأولى إلى «النار اليونانية» عام 678 عندما استعملت ضدّ الاسطول العربي، وإذا كان الاسم جديداً فإنّ هذه النار كانت قديمة جدّاً، كما رأينا، بالنسبة لذلك العصر.

المادّة المستعملة كانت حتماً الزيت الاسفلتي، وحده أو مضافاً إليه كبريت وقطران. وقد كشف أثينيه ويوليوس الإغريقي عن أوّل أمزجة تلقائية الاشتعال، وأساسها كان خليط الهيدروجين والكربون ولكن لا يدخل في تركيبها فقط الكلس، الذي استعمل لرفع الحرارة، بل أيضاً ملح البارود.

في حين أنّ استعمال هذه النيران كان يتمّ في حالات استثنائية ومتشتّتة في العصر القديم الكلاسيكي، فإنّها راجت في العهد البيزنطي والحقيقة أنّ شروط تطبيقها تحسّنت بصورة ملحوظة. وموازاة مع النيران الحارقة التي حقّقت بفضل فعاليتها استمرارية ناجحة، ظهر مبدأ جديد يقوم على حصر مادّة مفجّرة في مكان مغلق نسبياً، مثلاً في أنبوب. هكذا

كنّا نسير نحو السهم الناري، المدفوع بواسطة خروج الغاز المشتعل، وقد استعمل القصب عامّة كأنبوب، أمّا بالنسبة للخليط فقد كان سرّاً للدولة: ونعرف أنّه كان يتضمّن هيدروكربور، كبريتاً ومادّة مفجّرة لا يمكنها أن تكون غير ملح البارود.

أخيراً كان يوجد أنابيب لقذف الأسهم، «لقد كانت قصبة توضع فيها بعض المواد؛ من أجل الاستعمال، كانت توضع في أنبوب من القلز، عندئذ يسبقها دويّ ودخان قبل أن ترتفع، بحكم طبيعتها، في الفضاء مثل نيزك ملتهب، ثمّ تصل إلى الهدف الموجّهة نحوه.» إذن يُفترض أنّه كان يوجد أنابيب ثابتة كالتي نراها معلّقة عند مقدّم السفن في بعض مصغّرات المخطوطات، وأنابيب متحرّكة لا نملك أيّ مصوّرة عنها: م. ميرسييه M.Mercier، المؤرّخ المطلّع على كلّ هذه الآلات، يعتبر أنّنا كنّا على طريق المدفع والبندقية، حيث السهم الناري نفسه تطوّر إلى خرطوشة.

انحراف الأنبوب كان ضرورياً لنزوح السائل القابل للاشتعال، وكان هذا السائل يُغرف بواسطة مضخّة رافعة ودافعة ويُرمى مشتعلاً على الأعداء. الأنبوب كان يُثبّت، تقريباً مثل الصاري المائل، عند مقدّم السفينة، إذن لم يكن ممكن الاستعمال في بحر هائج قليلاً.

أخيراً يذكر ليون السادس «أوعية الأسهم النارية التي تحرق السفن عندما تتكسر». وهناك نصّ آخر يقول أنّها «كانت أوعية مغلقة تنام فيها النار، تنفجر فجأة وتشعل كلّ ما تطاله». لقد تردّد طويلاً العلماء في ما يتعلّق بتركيب المادّة تلقائية الاشتعال. يعتقد العالم الكيميائي فوربس Forbes أنّه إذا تعرّض مزيج من النفط والكلس للرطوبة فإنّ الحرارة الناتجة عن احتكاك الكلس بالرطوبة كانت تكفي لإشعال المزيج تلقائياً، خاصّة إذا كان يحتوي على جزئيات خفيفة.

يبدو إذن في هذا المجال أنّ البيزنطيين أضافوا إلى تقنيات قديمة جدّاً تحسينات كبيرة. وتبقى نقاط بحاجة إلى تحديد.

كلّ هذه الفترة التي تمتدّ من القرن الثاني ق. م حتّى القرن العاشر الميلادي، أيّ على مدى إثني عشر قرناً من تاريخ غني بالأحداث، تتميّز من الناحية التقنية بركود ملحوظ. حتّى أنّه في بعض الحالات، نلمس تراجعاً في معرفة كانت مكتسبة: هكذا مثلاً بالنسبة لقواعد طبّقها فيلون البيزنطي وهارون الاسكندراني في مجال انشاء الآلات الحربية. قواعد اختفت بعد ڤيتروڤيوس. بالطبع لا يجب إغفال بعض التطويرات المهمّة من قبل الرومان ومن قبل البيزنطيين: لكنّها لم تكن عبارة عن انقلاب في تاريخ التقنيات.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

نحن هنا فقط بصدد تتمة لبيبليوغرافيا العصر الإغريقي.

روما

بالنسبة لكلّ ما يتعلّق بالزراعة:

ر. مارتان، «Recherches sur les agronomes latins»، باريس، 1971.

حول فنّ المهندسين:

ج. دو مونتوزان، «Essai sur l'art et la science de l'ingénieur romain»، باريس، 1908.

حول الأعمال الكبيرة والمناجم:

م. شوفالييه M. Chevalier، «les Routes romaines»، باريس 1974.

فلاش Flach، «La Table de bronze d'Aljustrel»، في «مجلّة تاريخ الحقوق الفرنسية والأجنبية»، 1878، ص 274.

أ. ليجيه A. Léger، «Les Travausx publics, les mines et la métallurgie au temps des Romains» باريس، 1875.

ميسبوليه Mispoulet، «La lex metallis dicta»، في «المجلّة العامّة للحقوق والأحكام القضائية»، 1907، ص 20-30.

حول الصناعة البحرية:

ف. بونوا F. Benoît، «L'Epave du Grand Congloué à Marseille»، باريس، 1961.

ف. دوما F. Dumas، «Épaves antiques»، باريس، 1964.

ب. بومي P. Pomey، «L'Architecture navale romaine et les fouilles sous-marines?» مع ب. دوفال، «Recherches d'archéologie celtique et gallo-romaine»، باريس، 1973، ص 37-51.

ج. أوشيللي G. Ucelli, «Le Navi di Nemi» ، روما، 1950.

بيزنطية

هـ. آرفيلير H. Ahrweiller, «Byzance et la mer»، باريس، 1957.

أ. شوازي، «L'Art de bâtir chez les Byzantins»، باريس، 1883.

ش. دييل Ch. Diehl, «Manuel d'art byzantin»، باريس، 1925.

م. ميرسييه M. Mercier, «Le Feu grégeois»، باريس، 1952.

الفصل الخامس
الأنظمة التقنـية المـحجوزة

إن عنوان هذا الفصل هو في الحقيقة موضع التباس، لا سيّما أنّه ينطبق على ثلاث حضارات تبتعد إحداها عن الأخرى: أميركا ما قبل كولومبس، والصين والعالم الإسلامي. في الواقع سبق أن عرفنا أنظمة تقنية حُجزت وتجمّدت: مثلاً النظام المصري، وكذلك كما ذكرنا بالنسبة للنظام التقني الإغريقي. وماذا نقول عن بعض الشعوب المسمّاة بدائية التي بقيت عند الطور الحجري؟

انطلاقاً من القرن الثاني عشر، وحده الغرب الأوروبي عرف تحوّلات متتالية في نظامه التقني: الثورة الصناعية في القرون الوسطى، الثورة التقنية في عصر النهضة، الثورة التقنية في القرن الثامن عشر وكذلك في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، والثورة التقنية التي نشهدها اليوم. هنا تكمن المسألة الحقيقية.

إلاّ أنّ الدراسة السريعة لهذه الحضارات الثلاث قد تُظهر لنا نوعاً ما الوجه الآخر لهذه المسألة.

التقنيات الصينية

تتضمّن دراسة التقنيات الصينية صعوبات متنوّعة. هناك أوّلاً مسألة داخلية، إذ لا يبدو أنّ التأريخات قد وُضعت بالدقّة المطلوبة، وهناك مؤلّفون، رغم اطّلاعهم على الحياة المادّية في الصين، ينسبون اختراعاً معيّناً إلى فترات تفصل بينها قرون عديدة. وهناك مسألة أخرى، لقد أخذت الصين منذ بعض الوقت موقعاً مهماً في تاريخ العلوم والتقنيات، ويتنافس العلماء لإبراز الإقلاع المبكر للحضارة الصينية وتوقّفها المفاجىء في القرن الخامس عشر أو السادس عشر، وكم حُكي عن الذكاء التقني عند الصينيين في العهود البعيدة، وكم مُدِحت اختراعات سبقت بكثير الاكتشافات الغربية، كما ذُكر كلّ ما وصل إلى أوروبا من صين كانت في أوج انتشارها التقني.

والتقويم كان ضرورياً. إنّ الاكتشاف المتأخّر للصين قابعة في نظام تقني تجاوزته آنذاك الأنظمة الأخرى لم يكن في صالح تلك المنطقة من الشرق، من الشرق الأقصى. وفجأة وصلنا إلى الموقف المعاكس تقريباً. نفس الشيء حدث تقريباً بالنسبة للقرون الوسطى الغربية التي بقيت طويلاً في الظلام ثمّ أُظهرت مع بعض المبالغة. من جهة أخرى يجدر القول أنّ الأنظمة كانت منغلقة بشكل لا يسمح مثلاً لعالم بالحضارة الصينية أن يعرف تماماً حضارة مصر القديمة، والعكس صحيح. في مجال التقنيات نفتقر بشدّة إلى الجداول الزمنية، هكذا لا يُرجى أن نضع التوازنات الصحيحة فحسب بل أيضاً أن نطرح التساؤلات الأساسية. التأريخ الدقيق هو أمر ضروري. مثل الطاحونة المائية هو رمز واضح وكاشف بهذا الصدد؛ يُحكى في الواقع عن صانع طواحين مائية في منتصف القرن الرابع ق. م، تسوي ليانغ Tsouei Leang (386ق. م / 334 ق. م)، ويُنسب من جهة أخرى تاريخ أوّل طاحونة مائية إلى العام ٣٠ ق.م، وفي هذه الحالة نراها معاصرة تماماً للطاحونة الغربية. دون أن نبحث عن الأسبق، أليس منطقياً أن نفكّر بأنّ تاريخ المكتسبات التقنية قد يكون نفسه في حضارات متباعدة جدّاً، ولكن شهدت تطوّرات متشابهة؟

المسألة الثانية هي مسألة الإقلاع المبكر، على الأقل في بعض المجالات التقنية. في العهد الحجري النيوليتي كانت الصين على نفس المستوى مع أوروبا الغربية، الاكتسابات الكبيرة كانت تقريباً معاصرة لاكتسابات مناطق الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسّط، أي بعد إنجازات بلاد ما بين النهرين أو مصر. يبدو أنّه نحو العهد المسيحي تقدّمت التقنيات الصينية على حضارة كلاسيكية متجمّدة تقنياً. ماذا كانت الأسباب؟ ما هي الأركان التي اعتمد عليها التطوّر التقني في الصين؟ يجب الاعتراف أنّه ما يزال أمامنا الكثير لنتعلّم حول التطوّر الاقتصادي القديم في الصين، وحول تطوّرها الديموغرافي أيضاً. معلوماتنا بالنسبة لتاريخ العلوم هي أكبر بكثير.

هناك أخيراً توقّف مفاجئ، ينبغي تفسيره، كما ينبغي أخذه بعين الاعتبار. لم يعد هذا التجمّد في النظام التقني الصيني، انطلاقاً من عهد معيّن، موضع جدل اليوم، وما زال يفيض الشرح حول أسبابه وحول مدلوله الحقيقي.

المسألة الأخيرة هي مسألة نقل عدد من التقنيات الصينية إلى الغرب الأوروبي. ربّما بالغنا في التركيز على ما قدّمته الصين لعالم غربي يحاول الخروج بصعوبة من محيط تقني إغريقي ـ روماني، وتُذكر دوماً نفس الأحداث تقريباً: سفر ماركو بولو، البوصلة، الورق، بارود المدفع ونير الجواد على الطريق الحديثة. هناك بالطبع أحداث لا يمكن إنكارها: الورق جاء حتماً من الشرق الأقصى ولا أدنى شكّ بذلك. بالنسبة للنير، فرغم الجهود اللغوية

التي بذلها أ. أودريكور A.Haudricourt، فإنّ الأمر غير واضح. وحديثاً ردّ إلى الصين الفضل في إيصال بارود المدفع إلى أوروبا؛ قلّما يُحتمل أن يكون الشيء نفسه بالنسبة للآهن، ولا يُعقل أن يكون بالنسبة للطاحونة المائية. يمكننا تصوّر تطوّرات متوازية انبثقت عن منطق تقني متشابه، عن ابتكارات متلازمة: أفضل مثل هو الطاحونة المائية بالتحديد. وبعد التفكير، إذ وضعنا أنفسنا في منتصف القرن الثالث عشر، نستنتج حضارة تقنية متألّقة: ولكن هل يجب أن تُنسينا الكاتدرائيات، التنظيمات المائية في إسبانيا، والسفن الاسكندينافية التي اجتازت المحيط الأطلسي؟

التقنية والتكنولوجيا

إنّها إحدى خصائص الحضارات التقنية المتقدّمة أن تشكّل تكنولوجيتها الخاصة. من المفيد جدّاً أن نحيط بالميادين التي تناولتها كلّ تلك الدراسات القديمة، إن وُجدت، وأيضاً تعاقبها الزمني: إنّها تحدّ بالضبط التقنيات التي وصلت إلى نضج معيّن والقادرة بالتالي على أن تكون موضوع بيانات وثوقية. كان من الطبيعي جدّاً أن تصل الصين إلى هذا الطور، ولكن هنا أيضاً يجب تحديد الحدود الزمنية. إذا وجدنا مقالة عسكرية تعود إلى بداية القرن الخامس ق. م، فإنّنا نلاحظ في الواقع أنّ معظم تلك الكتابات، الأغلبية الساحقة من تلك الكتابات، وضعت في القرنين العاشر والحادي عشر الميلاديين، وبعضها قبلاً (هناك عمل يعود إلى القرن السادس). وهذا يجب أن يتحدّد بالنسبة للكتابات التقنية الغربية، التي ازدهرت بين القرنين الرابع والأوّل ق. م.

يُظهر لنا قسم من هذه الأعمال أنّ التقنية الصينية، أو على الأقلّ بعض التقنيات الصينية ليست تجريبية محضة. ويوجد في بعض الميادين معرفة تقنية منظّمة، إنّ بناء سو سونغ Su Song لبرج الساعة الكبير في كايفنغ Kaifeng عام 1088، سبقه بحث نظري مميّز وضعه تلميذه هان غونغ ليان Han Gong Lian، الذي كان يدرس سلاسل التشبيكات (العجلات المسنّنة) والميكانيك العام انطلاقاً من المبادىء الأولى: يتعيّن مقارنة هذا البحث مع بعض كتابات مدرسة الاسكندرية، الأقدم منه بكثير. وهذا قد يطرح مسألة قلّما رُفعت: مسألة ما قدّمت الصين للعالم الغربي.

لندخل قليلاً في التفاصيل ونصنّف أدباً وافراً ومتنوّعاً من حيث موضوعه:

I ـ بالطبع كان الأدب الزراعي مهمّاً، وهناك ستّ مقالات تُنسب إلى عهد هان Han (أي نحو قرنين قبل الميلاد وقرنين بعده). تعود المقالة الأولى إلى فانغ تشنغ ـ تشي Fang Chang-tche، في القرن الأوّل الميلادي، وقد اختفت جميعها اليوم. إلاّ أنّ أوّل مقالة كاملة

وصلت إلينا هي مقالة كيا سو ـ سي Kia Sseu-Sie (533-546)، ونذكر أيضاً مقالة تشو ـ فو Tchou-Fou (1101-1103)، وتحكي هذه المقالات عن زراعة تقليدية كانت أسسها محدّدة منذ وقت طويل. إلاّ أنّه تمّ كذلك وضع مقالات متخصّصة أكثر: مؤلّفات عن زراعة الحدائق والبستنة تعود إلى عهد سونغ Song (960-1279)، ثماني مقالات عن فنّ البيطرة من عهد سوي Souei (٥٨١-٦١٧)، والدراسة الكبيرة حول الآلية الزراعية من وانغ زين Wang Zhen، وتعود مقدّمتها إلى العام 1313. في كلّ هذه الكتب نجد نفس الروح والذهنية الوثوقية ونفس مجموعة الوصفات، منقولة طبعاً إلى بيئة مختلفة بعض الشيء، التي وجدناها وأعجبنا بها عند الخبراء الزراعيين اللاتين: إنّها تتمتّع بنفس الروح.

II ـ في مجال البناء تبدو المؤلّفات أقل عدداً. نذكر مقالة لي جي Li Jie (نحو 1100) في الهندسة المعمارية، ومرشد النجّار لِ يوهاو Yu Hao (القرن العاشر). ويتضمّن العمل الأخير شيئاً جديداً، تماماً مثل المقالة حول الآلية الزراعية التي ذكرناها لتوّنا. ونلحظ هنا الاستكشاف المتأخّر، لميادين جديدة، بالنسبة للكتابات التقنية الغربية.

III ـ أوّل خلاصة كبيرة للتقنيات العسكرية كتبها زنغ غونغ ليانغ Zeng Gong Liang نحو العام 500 ق. م، ولا يبدو أنّ الأدب التقني العسكري قد تطوّر كثيراً في الصين. لاحظوا الشيء نفسه في أوروبا، باستثناء المؤلّفات في فنّ الحصار والمقالات في الآلات الحربية. في هذا المجال تبدو الصين متأخّرة نوعاً ما عن تقنيات المناطق الغربية.

IV ـ من ناحية الميكانيك، كان الأدب التقني الصيني متأخّراً بالنسبة لما كُتب في الغرب. ذكرنا أعلاه مقالة في التشبيكات، من القرن الحادي عشر. وقد كتب يان سو Yan Su، نحو العام 1030، مقالة في صناعة الساعات، أكثر تطوّراً من المقالات الكثيرة حول الساعات المائية في العصر القديم الكلاسيكي، بهذا الصدد تبدو الصين أكثر تقدّماً: وجب انتظار القرن الرابع عشر ومقالة دوندي Dondi كي نجد موازناً في أوروبا.

إذا أضفنا مقالة في السكّر لِ ونغ تشاو Weng Chao (960 - 1026) ، ومقالة في النبيذ لِ سو تشي Sou Che (1036 - 1101) وبعض وصف لمغازل الحرير، نكون قد استعرضنا التكنولوجيا الصينية.

عدّة ملاحظات تفرض نفسها بشأن هذا العرض السريع للأدب التقني الصيني. تتعلّق الملاحظة الأولى بامتداد هذه التكنولوجيا؛ لا يبدو أنّه يختلف كثيراً عمّا عرفناه في اليونان وفي روما، وكذلك من جهة أخرى في القرون الوسطى الغربية. هناك مجموعات كبيرة تتناول الزراعة والفنون العسكرية، وبعض المقالات المهمّة عمّا يُسمّى اليوم التقنيات المستهلكة وقد سبق أن قلنا ما نعتقد به بالنسبة للناحية التأريخية الزمنية. وفي الحقيقة تنقصنا

المنشورات الجيّدة باللغات الغربية التي قد تسمح لنا بمقارنة التراثين، والتراث العربي الذي طالما قيل عنه أنّه كان الوسيط بين الشرق الأقصى وأوروبا. الرسوم الجيّدة التي تُطبع عادة هي مأخوذة من الكتاب المشهور حول «استثمار أعمال الطبيعة»، الذي وُضع عام 1637، أي في وقت كانت التقنيات الغربية ذات مستوى أعلى.

استغلال الثروات الطبيعية

من الواضح أنّ الزراعة الصينية، إذا أخذناها بمجملها، عرفت نفس مراحل التطوّر كباقي الزراعات؛ إنّ عمليات التطوّر التقني هي تقريباً نفسها أينما كان. تبقى طبعاً الخصائص المناخية والمائية المتفاوتة، والخصائص النباتية والبيولوجية. قد يكون من الأجدر التركيز على هذه الاختلافات، حيث أنّ الباقي يتعلّق بأساس تقني مشترك.

كما في باقي الأمكنة نزعت الأصناف المزروعة إلى التكاثر وبسرعة على ما يبدو. في عهد الزو Zhou، أي نحو بداية الألف الأوّل ق. م، كانت زروع البلاد الرئيسية متوفّرة: الذرة البيضاء ذات العثقول، أصناف عديدة من الأرزّ، الشعير. ثمّ يأتي بعد ذلك الذرة البيضاء ذات السنيبلة، القنّب، السمسم والقمح. لكن سرعان ما أخذ الأرزّ الأهمّية الكبرى. منذ بدايات العصر المسيحي وحتّى النصف الأوّل من الألف الأوّل، أي من عهد هان Han إلى عهد سونغ Song، ظهرت نباتات جديدة أتت إمّا من الصهب إمّا من المنطقة المدارية. أمّا تاريخ ظهور الكرمة فقد تحدّد عند نهاية القرن السادس وبداية القرن السابع. عند نهاية عهد تانغ Tang، أي نحو العام 1000، أتى الأرزّ المائي الذي امتدّ من جنوبي الصين إلى شماله. وعرف القابوق (القطن الكاذب) انتشاره الكبير بين القرنين العاشر والثالث عشر.

نحو العام ألف، إذا رجعنا إلى المقالات التقنية في ذلك العصر، نرى الزراعة الصينية وقد أصبحت زراعة علمية: طُبّق إنتقاء وتهجين الأنواع على نطاق واسع. ونعدّ آنذاك سبعة أصناف من الأرزّ.

منذ العهود البعيدة كانت تُزرع الأشجار المثمرة: الدراق، المشمش، السفرجل، العنّاب وبعدها الخوخ والإجاص. كذلك مورس التطعيم وانتشرت السباخة (الزراعة في المستنقعات). عند بداية القرن الثاني عشر، نذكر زراعة أصناف كثيرة من السنفيات منها الفاصولياء والحمّص، كما ظهرت بعض الزراعات المتخصّصة. يُقال أنّ خبراء مصريين (؟) جاؤوا إلى الصين من أجل تحسين طرق إنتاج سكّر القصب. هنا أيضاً لم يكن العلم الزراعي الصيني أقلّ مستوى من الحدائق العربية في جنوبي إسبانيا. عند بداية القرن الثاني عشر، نذكر أحد عشر صنفاً من المشمش، ثمانية عشر من الفاصولياء وثمانية من الحمّص.

كانت زراعة الحدائق، المعروفة منذ القدم، متطوّرة جدّاً بين القرنين العاشر والثالث عشر. وكانت الأزهار التزيينية هي الغوانيا، الأقحوان، اللوتس، السحلبية (الأوركيديا)، الزنبق، المغنولية والبغونية. الغوانيا والنرجس أُخذا عن العرب.

لا شك في أنّ وضع الأدوات والطرق الزراعية كان سريعاً. لقد كان الصينيون على معرفة جيّدة بالتربة والتسميد كان أكيداً خلال القرن الثالث عشر، لكنّ الصين لم تعرف أبداً وفرة الزبل التي تنعّمت بها الزراعة الأوروبية الغربية، وقد استعاض الفلاّحون الصينيون عن الزبل بالأسمدة المنترجة التي تُطمر بواسطة الحراثة. كذلك مارسوا تحضير سماد المزرعة، الكلس، وتراب الجدران القديمة ووحل الحفر، وسوف نرى أنّهم اعتمدوا بكثرة تصريف المياه وريّ الأراضي.

بالطبع استفادت الأدوات الزراعية من صناعة معدنية متطوّرة جدّاً. تطوّر المحراث البسيط حتّى الفترة الواقعة بين عهد هان Han وعهد سونغ Song، أي في النصف الأوّل من الألف الأوّل الميلادي. لقد كان عبارة عن محراث أسناني، يختلف عن محاريث القبضة ـ المقوم التي عرفها العصر القديم الكلاسيكي، ولكنّه شبيه بالمحراث الذي انتشر في نفس الفترة في بلاد الطرف الشمالي للبحر المتوسّط. أمّا الأدوات الأخرى فقلّما تختلف عمّا عرفته حضارات أخرى.

المقالات الزراعية، وكذلك الأنظمة الحكومية في العهود التي تأمّمت الزراعة فيها، تضع روزنامات دقيقة للأعمال الزراعية. نحو القرن العاشر، عرفنا من إحدى المقالات الزراعية أنّه كانت تُمارس دورية الزراعات. وكان يُنصح بمناوبة الذرة البيضاء مع الفاصولياء.

إذن في مجال الزراعة شهدت التقنيات الصينية، عدا عن تطوّر معيّن، مستوى عالياً بما فيه الكفاية. ولكن باستثناء زراعة الحدائق لم تكن تلك التقنيات متقدّمة أكثر من تقنيات العالم الغربي في الفترة نفسها. ونفس الشيء تقريباً ينطبق على تقنيات استثمار الطبيعة الأخرى. لا تربية الماشية ولا صيد الحيوانات والأسماك يكشفان عن اختلافات جوهرية.

يبدو أنّ التقنيات المنجمية كانت متطوّرة جدّاً. في الحقيقة ما نزال نفتقر إلى المعطيات الدقيقة والتأريخ الجيّد، وسوف نرى لاحقاً التواريخ المقترحة لظهور مختلف المعادن. المعروف أنّ أهل الصين استغلّوا بسرعة طبقات الملح الطبيعية، التي تعود صناعته إلى القرن الأوّل ق. م، وهناك كتاب من العام 1334 يعطينا معلومات أدقّ بهذا الشأن. كانت تُستعمل نفس التقنيات كما في الغرب: كانت المياه تؤخذ إلى المنجم، ثمّ يُرفع الماء المملّح ويُمرّر بمولّدات البخار، ويُقال أنّه تمّ عام 1080 حفر بئر يبلغ عمقها 3000 قدم. وكان الصينيون ينعمون بمادّة مهمّة هي الخيزران الذي استطاعوا معه صناعة أنابيب بكمّيات كبيرة

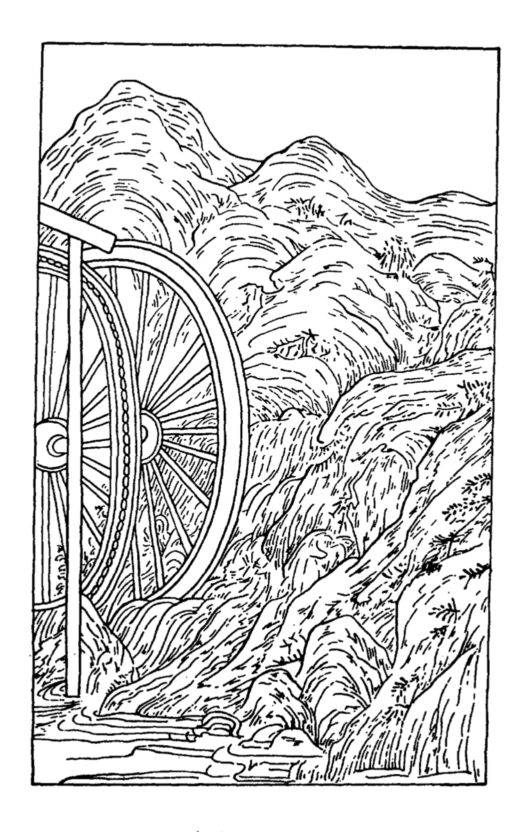
وكانت تُصبح طويلة بإدخال الواحد منها بالآخر. لا نملك الكثير من المعلومات حول الاستثمارات المنجمية الأخرى، فقط نعرف أنّه تمّ استغلال فحم الأرض والنفط.

إنّ حيوية نظام تقني وقدرة اقتصاد معيّن يُقاسان عادة بكمّية الطاقة المتوفّرة في البلد، مسائل الطاقة هي إذن مسائل أساسية: الطاقة الطبيعية من جهة، والصين كانت مزوّدة بها جيّداً تماماً مثل أوروبا الغربية، أي أكثر ممّا كانت تملكه البلدان المتوسّطية، ومحوّلات الطاقة من جهة أخرى.

أوّل طاقة استعملت كانت، كما في باقي الأمكنة، الطاقة الحيوانية. العجلة أُخذت حتماً عن الحضارات الغربية، المهمّ كما نعرف هو طريقة الكدن (وضع النير)؛ فيما يتعلّق بالمرابط، لا ملاحظة نجريها بهذا الشأن، وبالنسبة للجواد يُحتمل أن تكون آسيا الوسطى مكان اختراع السرج، الركاب والخطام، في القرن الثالث ق. م حسب أقوال البعض. أ. أو دريكور أظهر أنّه يوجد فصل واضح قبل وبعد خطّ يمتدّ من وسط فيتنام حتّى البلطيق؛ تحته نجد العربة ذات المقبض الهندية ـ الإغريقية، وفوقه نجد العربة بحيوان واحد يحيط به العريش. لا يمكن أن تكون طريقة الكدن نفسها في الحالتين. هناك مصوّرات تعود إلى عصر هان Han وتُظهر لنا جهازاً متطوّراً آنذاك، كان العريشان ملتويين ويجتمعان عند طرفيهما، حيث يتعلّق مربط صغير، الجرّ يؤمّن بواسطة حزام عند الصدر، شبيه بالكبب الذي نراه حالياً. ثمّ اختفى المربط وقصر طول العريشين، وأصبح الركن عماد صغير يوضع على ظهر الجواد، وبقي الكبب والسير مثبّتين بالعريش وليس بالعربة. لقد اكتمل التطوّر تقريباً في القرنين الثامن والتاسع. أمّا الإكليل المثبّت بالعربة بواسطة أوتاد، الناظم وبيطرة الجواد فهي اقتباسات حصلت بعد القرن السادس عشر. الصين في هذا المجال تُعتبر متأخّرة كثيراً بالنسبة للغرب.

التواريخ المحدّدة بالنسبة للطاحونة المائية لا تتطابق تماماً، لقد ذكرنا صانع طواحين قيل أنّه عاش في القرن الرابع ق. م، من جهة أخرى تعود أوّل إشارة أكيدة إلى طاحونة مائية إلى العام 30 ق. م ما يصادف تماماً مع ظهورها في الحوض الشرقي للمتوسّط (شكل 1). هناك نصّ من دوشي Du Shi، والي نانيانغ Nanyang، يذكر، في العام 31 ميلادياً، طواحين مائية كانت تُستخدم للنفخ في الأفران المعدنية. من القرن الرابع عشر، لدينا صورة تمثّل مطرقة مائية من الحديد (أقدم مثل غربي لهذه الآلة يعود إلى نهاية القرن الثاني عشر). في آسيا وفي الصين استُخدمت الطواحين المائية للري ولتصريف المياه نحو القرن العاشر (القرن السابع أو الثامن في إيران).

إنّ آلية متطوّرة لا تتطلّب منتج طاقة وحسب، بل أيضاً أواليات نموذجية لتوزيع



شكل 1. ــ عجلة مائية.

(عن ج. نيدهام J. Needham, «la Science chinoise et l'Occident»، منشورات le Seuil، باريس، 1973)

الحركات ومضاعفتها وتحويلها، في هذا المجال يبدو أنّ الصين كانت متأخّرة كثيراً بالنسبة لأوروبا الغربية. وسوف نعود إلى هذه النقطة. المادّة الوثائقية بهذا الصدد ضئيلة جدّاً. مدرسة الاسكندرية، مع الشجرة ذات الحدبات والعجلات المسنّنة، ذات النظرية المتقدّمة جدّاً، تتجاوز حتماً التقنيات الصينية. قلنا أنّ العجلات المسنّنة كانت معروفة في عصر هان Han، أي خلال القرون الأربعة التي تحيط بالعهد المسيحي، إلاّ أنّ النصوص، في الحقيقة، تفتقر إلى الدقّة. كذلك لا يبدو أنّ الصين عرفت نظام الساعد ـ الرائد.

تحضير المواد

هنا أيضاً نلمس بوضوح النقص في الدقّة. مع هذا يُستحسن تحديد المراحل الزمنية لظهور التقنيات الجديدة والتحسينات التي طرأت عليها. يبدو أنّه بالنسبة للكثير من هذه التقنيات كان الصينيون البادئين، لا سيّما في مجال الصناعة المعدنية.

تواريخ المراجع أساسية:

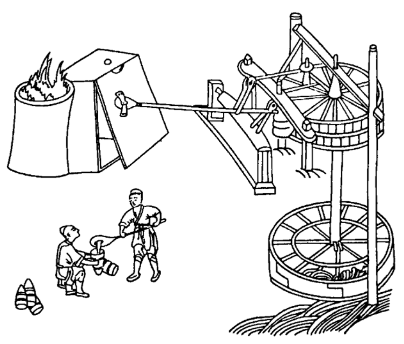
النحاس نحو 3500 ق. م (نحو 5000 ق. م في تركيا، سوريا، العراق وإيران). البرونز نحو 1400 ق. م (خلال الألف الثالث ق. م في تركيا، اليونان والبلقان). الحديد في القرن السادس ق. م (في القرن الخامس عشر ق.م في الأناضول).

يبدو بوضوح، وقد سبق أن أشرنا إلى هذا الأمر، أنّ التقنيات الرئيسية نشأت في منطقة تقع بالقرب من الحوض الشرقي للبحر المتوسّط، في الشرق الأدنى، ومن هناك شعّت في آن واحد نحو الشرق ونحو الغرب. ولنقص في التأريخات يبقى التاريخ الدقيق لبدايات العهد النيوليتي غير معروف: الألف الثالث ق. م؟

البرونز ظهر أوّلاً شمالي الصين، وصناعة معدنية جيّدة منذ البدء. كان السبّاكون الصينيون مهرة جدّاً، كما نستنتج من الأعمال العديدة التي وصلتنا. كلّما تقدّمنا في الزمن نلاحظ تناقصاً في نسبة النحاس لحساب نسبة القصدير. في جنوبي الصين وفي البلاد المتاخمة وجب انتظار الألف الأوّل ق. م لرؤية مجيء البرونز. إذن كان انتشار تلك التقنيات المعدنية بطيئاً بصورة ملفتة.

الحديد كذلك جاء متأخّراً بالنسبة لحضارات الشرق الأدنى. نرى القانون الامبراطوري لولاية تسين Tsin مدوّناً على قدر حديدي ثلاثي القوائم، عام 513 ق. م. الظاهرة الخارقة هي دون شك ظهور الآهن الذي حدّده البعض خلال القرن الرابع ق. م، ربّما مع بعض المبالغة. لم يكن بالإمكان إنتاج الآهن دون منافخ قويّة نسبياً: وهذه لم تظهر في أوروبا الغربية إلاّ مع النفخ المائي، ونعرف أنّ هذا النفخ المائي لم يتأكّد في الصين إلاّ عند

بداية العهد المسيحي. الحقيقة أنّ المؤرّخين المعاصرين لا يستعملون سوى جمل غامضة بعض الشيء، عبثية أحياناً. وصلتنا في الواقع بعض الأغراض المصنوعة من الآهن ولكن يصعب تحديد تاريخها. أقدم باغودة من الآهن، في مقاطعة هوبيه Hubei، تعود إلى عام 1016 ميلادياً. في عهد الممالك ـ المقاتلين أي من القرن الخامس ق. م إلى القرن الثالث ق. م استُعملت قوالب الآهن من أجل سبك المجارف والفؤوس. يصعب الاعتقاد بأنّ المعدن المسبوك كان الحديد، كما كتب البعض. هل يجب إرجاع اكتشاف الآهن إلى استعمال فحم الأرض وهو ذو قوّة حرارية أعلى من فحم الخشب؟ ولكن عندئذٍ كان يلزم اكتشاف الفحم الحجري. هل يجب إرجاع الاكتشاف إلى المنافخ الاسطوانية ذات الكبّاسات؟ يبقى السّر مكتنفاً بالغموض (شكل 2).



شكل 2. ــ منفخ مائي من اجل الأفران المعدنية (1313).

(عن ج. نيدهام.)

نواجه نفس الصعوبة بالنسبة لمسألة الفولاذ. من المحتمل أن يكون الفولاذ نتيجة اتّحاد، تبعاً لطريقة شرحها ريومور Réaumur بكلّ وضوح، حتّى مع غياب معرفة علمية دقيقة، في بداية القرن الثامن عشر؛ إنّه اتّحاد بين الحديد والآهن. وعُرِف لحام الفولاذ اللدن في القرن الثالث وقد يكون أدّى، خلال القرن الحادي عشر، إلى دمشقة السيوف اليابانية.

سرعان ما عُرِفت المعادن الأخرى: الأنتيمون عند نهاية القرن الثالث، الزنك منذ بدايات العصر المسيحي والشبهان نحو القرن الخامس. وهناك نحاس أبيض يبدو أنّه الميشور ذكره أحد مؤلّفي القرن الرابع. كذلك سرعان ما استعملت مشتقّات من الرصاص

كخضاب: يفترض بعض المؤلّفين أنّه في روما، في نفس العصر تقريباً، تسبّب هذا الاستعمال بالتسمّم الرصاصي وساهم بالانحسار الديموغرافي للامبراطورية.

لا شك في أنّ فنون النار استفادت من التقنيات المعدنية. يُقال أنّ الزجاج ظهر في مواقع ما قبل التاريخ في الصين، اليابان وكوريا، لكنّ الالتباسات والنقص في الدقّة تجعلنا نشكّ أحياناً في النظريات المطروحة وحقيقة الأحداث المذكورة. من المحتمل في العصور الأقرب وجود زجاج مستورد أتى من الغرب؛ المنظار الذي يتأكّد عبر نصّ يعود إلى القرن الرابع عشر، يحمل اسماً عربياً.

يتعيّن وضع تأريخ دقيق للخزف الصيني. أن يكون ظهر خلال العهد النيوليتي، ليس لدينا أدنى شكّ بذلك، ولكن في أيّ عصر على وجه التحديد؟ وبعد ذلك، كيف تطوّرت هذه التقنية؟ هناك آنية رقيقة، مطليّة بالخزاف، نُسبت إلى القرن الخامس عشر ق. م. ويُقال أنّه في عهد زو Zhou، في النصف الأوّل من الألف الأوّل ق. م، كان بمتناول الصينيين أفران قوية تتيح الحصول على الحتّ (الصلصال الرملي)، وهو عجينة مزجّجة في كلّ سماكتها. في ظلّ عهد هان Han وصلت الحرارة حتّى 1300، وقبل العام 500 وظهرت تباشير البورسلين، خزفيات بلون أخضر يشبي، ثم تنوعت هذه التقنية بسرعة. وظهر البورسلين الحقيقي، حث ممتاز مزجّج حتى يصبح شفانياً، الذي يستلزم حرارة 1450، وتاريخ أوج هذه الصناعة يقع في ظلّ عهد منغ Ming انطلاقاً من نهاية القرن الرابع عشر.

تقنيّة اللكّ، وهو عصارة لبنية، قد تكون أتت من آسيا الوسطى والجنوبية، في عهد تشانغ Chang، وأصبحت بسرعة تقنية متطوّرة. في الواقع يُستعمل زبد اللكّ ملوّناً معظم الأحيان بواسطة أصباغ معدنية، وكان يجب تحضير الأركان جيّداً قبل تطبيقه عليها. لأسباب بديهية يمكننا الجزم أنّ هذه التقنية هي من الشرق الأقصى فقط.

الورق كان حتماً أحد أكبر الاكتشافات الصينية، ولا مجال للنقاش في هذا، رغم الظّلال التي ما زالت تحوم حوله. منذ القرن الثالث ق. م كانت تُصنع في آسيا أوراق من القياس الصغير، مع أنواع متعدّدة جدّاً من المواد. ويعود تاريخ الورق المصنوع من جذع شجرة التوت إلى بداية القرن الثاني ق. م. كان يُستعمل الحرير، الخيزران، الكتّان، قشّ الأرزّ أو القمح دون أيّ تمييز. وعبرت هذه الصناعة إلى الشرق الأوسط بواسطة عمّال صينيين وقعوا أسرى لدى الإيرانيين ـ العرب في معركة تالاس Talas (751).

هناك منتوج آخر لا نعرف ما إذا كان يجدر وضعه في عداد الإنجازات الصينية وهو بارود المدفعية. يقول بعض الكتّاب أنّ الصينيين ربّما عرفوا، منذ القرن الأوّل ق. م، مزيجاً شبيهاً ببارود المدفعيّة ولكنّهم لم يستعملوه إلاّ متأخّراً في مجال الفنّ العسكري، والبعض

الآخر كان أدقّ وأرجع إلى العام 85 أوّل استعمال للبارود. يُحتمل كثيراً أن يكون أهل الصين أوّل من جمع النيتر (ملح البارود) مع الكبريت، ولوّن النار الناتجة بواسطة أكسيد معدني، صانعين الأسهم النارية. حتّى أنّه قدّمت تركيبة المزيج: نيتر 75,7%؛ فحم 14,4%؛ كبريت 9,9%. ويبدو مستبعداً أن يكون قد استُخدم من أجل «الأسلحة النارية».

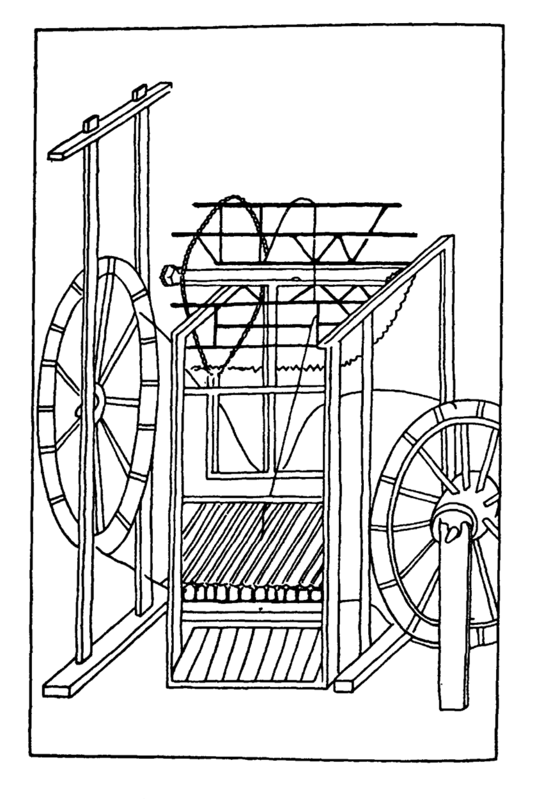
هناك مستحضرات مميّزة أكثر، صناعة السكّر أتت حتماً من الغرب، نحو نهاية القرن السادس أو بداية القرن السابع. كلّ الشعوب، في مرحلة من مراحل تاريخها، عرفت التخميرات الكحولية، وقد طُبّق تخمير الزروع في الصين منذ العهد زو Zhou. وتقدّم مقالات القرنين الحادي عشر والثاني عشر معلومات واسعة حول هذه التقنيات التي قلّما كانت تختلف عن تقنيات الغرب الأوروبي. الكثير منها كان يعتمد على الزروع (ذرة بيضاء، أرزّ). ويُقال أنّ نبيذ العنب لم يظهر إلاّ قبل العهد المسيحي بقليل.

التقنيات الحرفية

بالطبع مارست الصين كلّ الحرف التي نراها في باقي الحضارات، وبعضها مع إتقان يثير الإعجاب.

عرفت الصناعات النسيجية انطلاقاً واسعاً. ضمن الأنسجة المستعملة لم يكن للصوف تلك الأهمّية الكبيرة، إلاّ في شمالي ـ غربي البلاد، اللباد جاء من آسيا الوسطى: ظهر في الصين خلال القرن الرابع ق. م. القطن لم يخترق شرقي مصدره سوى ببطء شديد، ابتاعه الصينيون أوّلاً من الهند أو من جاوه خلال القرن الرابع، ثمّ من تركستان عند بداية القرن الثامن، ومن تركستان كذلك أتى القنّب والكتّان. ظهور القابوق جاء بعد ذلك، كما رأينا.

الحرير الذي أعطى التقنية النسيجية الصينية شهرتها كان يُحصل عليه، في كلّ المنطقة الأوروبية الآسيوية، انطلاقاً من حرشفيات الأجنحة (كالفراشات) المتنوّعة، برّية أو مربّاة. قد يكون الصينيون هم من بدأ بصنع الأقمشة الحريرية من حيث أنهم يملكون أفضل حشرة منتجة له: «البومبيكس موري Bombyx Mori»، ولدينا نماذج أقمشة تعود إلى العهد جين Jin. كانت اليونان الهلّينية شديدة الإعجاب بهذه المنتجات الصينية وحاولت زرع التوت وتربية ديدان القزّ في حوض البحر المتوسّط (يُحتمل أكثر أن تكون الاستيرادات آتية من واحات آسيا الوسطى).



شكل 3. ـــ آلة تغزل الحرير وتتحرك بواسطة عجلة مائية (1313).

(عن ج. نيد هام)

معلوماتنا ناقصة بشأن تقنيات الغزل (شكل 3). قد يكون دولاب المغزل، الذي يتحرّك بواسطة اليد، عُرف عند بداية العهد المسيحي، وأوّل مصوّر نملكه عنه يعود إلى سنة 1210. تُذكر كذلك آلة تشلّل الحرير في سنة 1090، كانت الشرانق توضع في مغطس من الماء الساخن، يخرج الحرير حلقات صغيرة ويوضع على بكرة كبيرة بشكل متساو بفضل حركة ذهاب وإياب مكّوكية (شكل 4).

أنوال النسيج نعرفها بشكل أفضل، ويقدّم لنا «ألبوم الزراعة والنسيج» الذي كُتب نحو سنة 1210، صوراً وإيضاحات لا سيّما بالنسبة للحرير. وقد حُكي عن تفوّق أنوال النسيج الصينية ونعرف منها نوعين يعطيان الحرّية لذراعي العامل: نول السحب وقد يكون صيني أو أوروبي الأصل؛ النول ذو الدوّاسات ويُنسب إلى الصينيين. ونرى مصوّرات عنهما في مخطوطات القرنين الثاني عشر والثالث عشر.

عند تفحّصهما عن قرب نلحظ أوجه شبه كثيرة مع الأنوال الأوروبية من العصر نفسه. لقد ذُكر أنّه منذ العصر جين Jin كانت توجد أنسجة حريرية مدمشقة أي موشّاة وأنّه منذ القرن الثاني ق. م كانت أنوال بأربع حلبات وأكثر تنتج ديباجات من الحرير. ينبغي مقارنة الأنسجة المصرية، وهي أيضاً عالية الجودة، الأقمشة البيزنطية المنبثقة نفسها عن التقنيات المصرية، ووضع تأريخات دقيقة من أجل تحديد بعض المساهمات: هذه المساهمات التي ربّما كانت متبادلة.

الطباعة هي من أكبر الاكتشافات التي نُسبت إلى الشرق الأقصى، ويبدو من الصعب التسليم، كما فعل البعض، بأنّ الطباعة اشتُقّت من الختم، وهو غرض عُرف منذ وقت طويل في حضارات أخرى لم تبتكر الطباعة. لهذا يتعيّن تحديد المراحل التي تكشفها لنا النصوص والأغراض.

يُقال أنّ الطباعة بالحروف الخشبية رأت النور سنة 770 من أجل نشر النصوص البوذية على لفائف من الورق. وقد اكتشف السير أوريل شتاين Sir Aurel Stein، عام 1907، في كهـوف توين ـ هوانغ Touen-houang، «سوترا الماس» (مجموعة حِكم دينية)، مطبوعة سنة 868 على لفيفة ورقية، قد يكون هذا إذن أوّل نموذج عن «كتاب» مطبوع. بعض المؤلّفين الحديثين ينكر أن تكون الطباعة بالحروف الخشبية هي سلف الطباعة العادية؛ من جهة أخرى كانت الدمغات البارزة من أجل الأحرف الكبيرة في المخطوطات معروفة منذ وقت طويل في الغرب.

على أيّ حال انتشرت الأعمال البوذية الشعبية انطلاقاً من القرن التاسع في الغرب وفي الشرق. هل وجد طور صناعي من أجل نشر، ليس الصور، بل النصوص القصيرة نسبياً؟



شكل ٤. ـــ آلة تشكيل الحرير (1090)

(عن ج نيدهام)

يجب تحديد هذه الناحية. وأشير إلى ترجمة التريبتاكا Tripitaka عام 982، وهو قانون احتاج إلى 000 30 لوحة.

يُنسب اختراع الطباعة إلى بي تشنغ Pi Cheng (1041-1048) الذي تصوّر إذن أولى الرموز المتحرّكة، المنحوتة كلاًّ على حدة، المتصلّبة على النار والمجمّعة بواسطة ركن مؤلّف من مزيج راتنج وشمع ورماد الورق. في الحقيقة لا تبدو المادّة شديدة المقاومة. وينطرح سؤال آخر لا نلمح إجابة عنه: هل كانت المطبعة موجودة؟ لا يبدو أنّ الاختراع وجد تابعاً له وذلك لأنّه وقع طيّ النسيان.

إذن الطباعة أعيد اختراعها وتحسينها على يد وانغ تشن Wang-Tchen، حاكم تسينغ - تو Tsing-tö، الذي كتب من جهة أخرى مقالة في الزراعة الكلاسيكية. وفي هذا المؤلّف يروي لنا اختراع وإتقان الطباعة، كان يرى آلة الحروف الخشبية صعبة التدبير، فنقش الرموز على كتل متحرّكة وسهّل معالجتها بأن وضعها في أدراج منضّدة على مساحة تدور حول محور عامودي. لا نعرف شيئاً عن المطابع ولا عن أنواع الحبر المستعملة. بالنسبة للطباعة البحتة ربّما لم يكن الأمر عبارة عن أكثر من مجرّد شفيفة. تحت تأثير الطبع، قد يتفتّت الخشب بسرعة، ونعرف أنّ من هموم الطباعة الأولى هو استخدام الرموز التي بحوزتنا لأمد طويل.

تُنسب الرموز المعدنية (رصاص أو نحاس) إلى كوريا، مع تاريخ محدّد، 1403. وصلت الرموز الكورية إلى الصين عند نهاية القرن الخامس عشر، لكنّها لم تعرف أكثر من نجاح خفيف: فالأوراق الصينية الرقيقة لم تتحمّل المعدن خاصّة إذا كانت الطباعة على الوجه والظهر. كذلك كانت مسألة الحبر على نفس الأهميّة: عام 1398، وضع شن كي - سوين Chen Ki-souen مقالة في هذا الموضوع. لم تكن أنواع الحبر المستعملة تتلاءم كما يجب مع المعدن.

في الواقع الطباعة الحقيقية ولدت في أوروبا نحو منتصف القرن الخامس عشر: تشكّلت من رموز معدنية مؤلّفة من مزيج خاص، من طريقة لتجميع هذه الرموز، من حبر ملائم ومن المطبعة. لا نرى تأثيراً من الشرق الأقصى على الاختراعات المنسوبة إلى غوتنبرغ Gütenberg. يبقى أن نحدّد بالضبط ماذا كانت طباعة الصين وطباعة كوريا، اللتين لم تصلا إلى تطوّرهما الكامل إلاّ قليلاً قبل منتصف القرن الخامس عشر.

المدى الجغرافي

في أكثر من مرحلة من تاريخها، كان يتمّ توحيد الصين: إذن كانت الامبراطورية

الصينية تمتدّ على مساحة لا نظير لها سوى الامبراطورية الرومانية المتأخّرة. هذا طبعاً دون أن نحسب التبادلات الخارجية. كلّ مساحة كبيرة تتطلّب، في ميادين عديدة، تقنيات خاصّة، وتقنيات مترابطة ومنسجمة كلّياً فيما بينها.

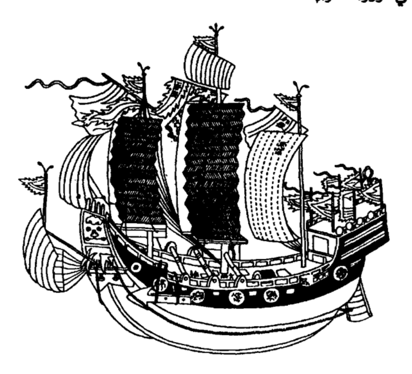
فيما يتعلّق بالمواصلات البرّية سبق أن رأينا مسائل النير. العجلة أُخذت عن الغرب، والعربات كانت ذات عجلتين: لم تعرف الصين أبداً، أقلّه قبل عهد حديث، مقدّم العربة المتحرّك. بالطبع كان التحميل منتشراً، كما كان في أوروبا الغربية خلال القرون الوسطى، والطرق في الصين كانت قديمة كما في الغرب. ولكن مثلما في الغرب لا يمكن أن تنبثق شبكة طرق منطقية إلاّ عن إدارة مركزية، وإلى العهد هان Han تعود الطرق الامبراطورية موحّدة النمط. أقدم بقليل ربّما من الطريق الرومانية، التي نشأت لحظة الامتداد الواسع للامبراطورية، تُظهر الطريق الصينية الكثير من الشبه مع اللاتينية: مستقيمة أكثر ما يمكن، ناتجة عن اهتمامات إدارية وعسكرية، على مراحل منظمة. في الواقع أكثر ما ظهر هذا النوع من الطرقات كان شمالي الصين.

أدّت الأوضاع المميّزة للشبكة النهرية الصينية إلى حلول خاصّة أحياناً. فيضانات الأنهار الكبيرة وكثرة المستنقعات اضطرّت إلى أعمال واسعة لم تعرفها البلدان المتوسّطية. وهذا ينطبق خاصّة على حوض النهر الأصفر حيث أقيمت سدود تحويل وسمحت بتجنّب الكوارث. منذ نهاية القرن الرابع ق. م، حفر سي من - بو Si Men-po اثنتي عشر قناة على طول نهر شانغ Chang، وهو رافد من النهر الأصفر، لتخفيف ضحله. نفس الشيء تمّ بالنسبة لنهر مين Min، وهو رافد من النهر الأزرق، عند نهاية القرن الثالث الميلادي. وقد استفيد من هذه الأعمال من أجل ريّ المناطق المهمّة. كذلك في القرن الرابع ق. م أقيمت أقنية تجمع النهر الأزرق مع نهر هاي Hai، وكانت بمثابة مشروع لما سيصبح، في ظلّ عهد سوي Souei، القناة الكبيرة. انتهت أعمال هذه القناة خلال القرنين الثالث عشر والرابع عشر، وكانت عبارة عن منهجة لكلّ الأعمال المختلفة التي جرت على مدى العصور.

يبدو أنّ تقنية الجسور عرفت نجاحاً معيّناً في الصين، وهذا في عصور بعيدة. جسور الخشب، الجسور المرنة من الأسل أو من الخيزران، المعلّقة، هي قديمة جدّاً. ربّما خلال القرن السابع أصبحنا نرى جسوراً ذات عقود مجزّأة، وكذلك جسوراً معلّقة ذات سلاسل حديدية. بالنسبة لهذه الأخيرة، يُرجعها بعض المؤلّفين إلى القرن الحادي عشر. كذلك لم تكن الجسور الحجرية مجهولة، كان جسر لو كو كياو Lou Kou Kiao (نهاية القرن الثاني عشر) مؤلّفاً من 350 خطوة بالطول، 18 بالعرض و 11 عقداً.

تنقصنا المعلومات نسبياً بشأن الصناعة البحرية في الصين القديمة (شكل 5). في

الواقع، كانت التقنيات متنوّعة جدّاً، من الشمال إلى الجنوب، من الأنهر إلى البحر. تعدّدت أشكال الخيزرانيات والسمبانات ولم تتوقّف عن التطوّر (شكل 6)، ونتصوّر أنّ خيزرانية البحر الكبيرة ربّما كانت موجودة في القرن التاسع، ووجدت حتماً في القرن الحادي عشر. لم يتوقّف الاسطول الصيني عن الازدياد ولكن دون أن نتمكّن من كتابة تاريخه ببساطة، وتُظهر بعض الصور التي قدّمت لنا أنّ تطوّره كان شبيهاً نوعاً ما بتطوّر السفن الغربية. ويبدو أنّ دفّة الكوثل (مؤخّر السفينة)، رغم مثل من القرن الأوّل ق. م، لم يعرفها الصينيون إلاّ بعد اكتشافها في أوروبا الغربية.

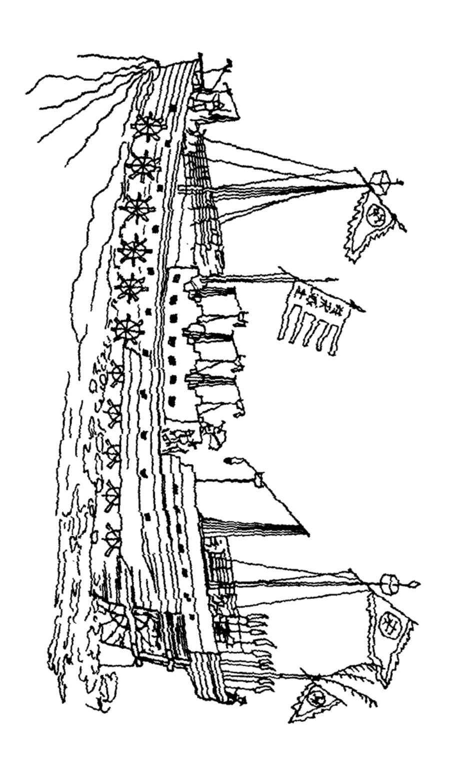


شكل 5. ــ خيزرانية بثلاث صوار (لوحة من عام 1757).

(عن ج. نيد هام)

نورد على سبيل التذكير الطائرات الورقية التي كانت نتيجة فعل العديد من الحضارات وفي فترات بعيدة جدّاً أحياناً.

عن المدينة الصينية لم يُكتب أيّ شيء دقيق، ولا عن التحصينات التي سرعان ما أحاطت بها. الأمر الوحيد المعروف، والمعروف بكثرة، هو السور الكبير، وقيل عنه أنّه لا مجال لمقارنته مع «التخوم» الروماني. نحو العام 220 ق. م اجتمعت عدّة أعمال قديمة ومتفرّقة لتشكّل حصناً ترابياً، بارتفاع يبلغ تسعة أمتار تقريباً، مرصوفاً على جانبيه بحجارة الآجر، ويتناوب على طوله بانتظام عدد من أبراج المراقبة.



شكل 6. ـــ ترميم سفينة بثلاث وعشرين عجلة ذات أرياش (1130)
(عن ج. نيدهام).

التوقف

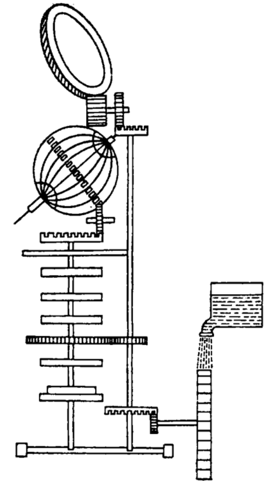
هنا نصل إلى جوهر حديثنا، ويمكننا اختصاره بنقطتين: تقدّم التقنية الصينية على التقنيات الغربية وتوقّف النظام التقني الصيني.

لقد حدّدنا موقفنا بالنسبة للنقطة الأولى عند بداية هذا القسم من الفصل. إنّنا ما نزال اليوم بحاجة إلى تأريخ دقيق للأحداث. في العديد من المجالات استطعنا الإشارة إلى تطابقات بين التطوّر التقني الغربي والتطوّر التقني الصيني، ما يمكن تفسيره بتحوّلات معاصرة ومتلازمة. ربّما لم يتمّ التركيز كثيراً على ما أخذته الصين من الغرب، هكذا مثلاً بالنسبة للصناعة المعدنية في بداياتها، لصناعة الزجاج، لصناعة الخزف في بداياتها. بعد ذلك جرت تحسينات في كلّ القطاعات التقنية، وإذا أخذنا تواريخ مشتركة، نرى أنّ بعض التقنيات كانت أكثر تطوراً في هذه الجهة أو تلك وأنّ التأثّرات المتبادلة كانت في النهاية أقلّ امتداداً ممّا يتصوّر البعض. في مجالات أخرى هناك أقوال يصعب التسليم بها، ولن نأخذ عنها أكثر من مثلين.

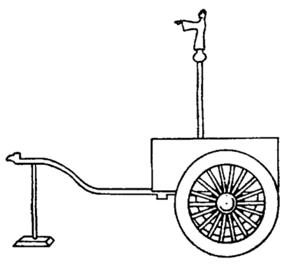
في ما يتعلّق بقياس الزمن والمسافات، يبدو بوضوح أنّ الغرب لم يكن متأخّراً عن الشرق (شكل 7). الساعة المائية ظهرت في آن واحد هناك وهناك، ربّما مع تقدّم بسيط من ناحية الغرب. كان إغريق الاسكندرية قد وجدوا الحلّ لمسألة اختلاف طول الأيّام، هذه المسألة التي لم تستطع الصين تجاوزها، ونشكّ في أن يكون الصينيون قد وضعوا الساعة الميكانيكية التي اعتمدها الغرب منذ القرن الرابع عشر.

في ما يتعلّق بقياس المسافات قدّم لو تاو ـ لونغ Lou Tao-long أمام الامبراطور جين تسونغ Jen Tsong، عام 1027، عربة عدّادة للمسافات في حين أنّ إغريق الاسكندرية نفسهم وضعوا إنجازاً مشابهاً منذ القرنين الثالث أو الثاني ق. م.

المثل الثاني، الذي يُذكر غالباً، هو مثل البوصلة. لنبعد اوّلاً «العربة المشيرة إلى الجنوب» وهي ليست أكثر من مجرّد جهاز ميكانيكي (شكل 8). لقد أشير إلى العقرب «المشير إلى الجنوب» للمرّة الأولى خلال القرن الحادي عشر، وذلك على يد شن كوا Chen Koua. هناك بالطبع دلائل تؤكّد معرفة المغناطيس خلال القرن الثالث ق. م، لكنّ مسألة المغنطة الأرضية لم تظهر إلاّ بعد ذلك بكثير. ويعود استعمال البوصلة في تقنيات الملاحة إلى القرن الثاني عشر، كذلك ينبغي، من أجل ملاحة كانت بمجملها ملاحة ساحلية، معرفة كيفية الاستعمال الدقيقة للبوصلة. بيار دو ماريكور Pierre de Maricourt الذي كان من أوائل من اشتغل على المغنطة في الغرب، عاش في نفس العصر تقريباً مع العلماء الصينيين.



شكل ٧. ــ ساعة فلكية (عن ج. نيد هام)



شكل ٨. ــ العربة المشيرة إلى الجنوب (عن ج. نيد هام)

حول هذه النقطة، من المهمّ أن يجتمع العلماء المختصّون بمختلف هذه المسائل من أجل وضع تقييم عام يلاقي الباحث الحالي صعوبة في إيجاده. والعمل في هذه الحالة يتجاوز مجرّد مسألة الأسبقيات: تتعيّن معرفة كيف استطاعت بعض التقنيات أن تسافر، ومن ناحية أخرى ما إذا حدثت تطوّرات متوازية ومتلازمة زمنياً نوعاً ما.

المسألة الثانية هي مسألة التوقّف، وقد رأينا أنّه ليس حكراً على الصين في نهاية القرون الوسطى، لقد عرفه المصريون، وكذلك الإغريق وحضارات تقنية أخرى. وللمسألة أكثر من وجه، الأمر هو إمّا عبارة عن إعاقات داخلية، أي تقنية محضة، ويصبح هذا الأمر سهل الإدراك عندما ننظر إلى الأنظمة التقنية الكلّية: بإمكان بنيات تقنية تقليدية أن تحجز التحوّلات في النظام وإن كان يُظهر تقدّماً ملحوظاً في قطاعات أخرى. هناك أيضاً انسجام النظام التقني مع سائر الأنظمة، الاقتصادي، الاجتماعي والعلمي. إذن يجدر طرح المسألة على بساط بحث واسع وهذا ما قام به عدد من الأخصّائيين.

لقد بحثنا في الواقع عن أسباب هذا التوقّف لا سيّما في مجالي الفكر والمجتمع، تماماً كما فعلنا بالنسبة للإغريق. القول أنّ الاختراعات الكبيرة، الاختراعات التي قيل أنّها ميّزت تقدّم الصين على الغرب أي الطباعة، بارود المدفع والبوصلة، لم يكن لها سوى صدى ضعيف في العالم الصيني هو تجسيد دقيق لما ذكرناه لتوّنا. لا يمكن لتقنيات مميّزة أن تدخل في نظام تقني كلّي إلاّ عند وجود انسجام معيّن بين التقنيات؛ كان تأخّر البنيات التقنية الأخرى يعيق بالضرورة أكثر الاختراعات تقدّماً. لقد ولدت الطباعة في الغرب نتيجة حركة فكرية مزدهرة، ولم تأخذ البوصلة أهمّيتها إلاّ مع تطوّر تقنيات الملاحة وعبور المحيط الأطلسي، والبارود مع ظهور سلاح مدفعية حقيقي، يستلزم العديد من التقنيات الأخرى (من ناحية أخرى، ظهر المدفع المعدني في الوقت نفسه تقريباً في الشرق الأقصى وفي الغرب، عند نهاية القرن الثالث عشر وبداية القرن الرابع عشر؛ شكل 9).

إلاّ أنّه يجب البحث عن أسباب ملائمة أكثر لتفسير توقّف التقنيات الصينية في حين كان الغرب، في نفس العصر تقريباً، يبدأ ثورة تقنية جديدة. فيما يتعدّى الأسباب الداخلية للتكنولوجيا نفسها، يتعيّن التطرّق إلى ظروف أخرى.

التقنية تستند دوماً، بشكل أو بآخر، على علم، وقد لفت نيدهام Needham تماماً إلى ركود الفكر العلمي الصيني بينما كان الغرب يعيش ثورة علمية أدّت إلى العلم الحديث. هذا العلم الحديث الذي كان نتيجة عمل تقنيين وعلماء قدّم للتكنولوجيا عناصر جديدة، عناصر لا يُستعاض عنها. أو بالأحرى قدّم التحالف بين التقنية والعلم للمجالين على السواء، العلمي والتقني، زاداً مغدقاً وغنياً. لم يحدث شيء من هذا القبيل في الصين حيث كان

العلم يتخبّط نوعاً ما في تقليدية بالية. نحن هنا بصدد تجمّد في الفكر تجدر الإشارة إليه لأهمّيته الواضحة.

حول كلّ هذه الأمور، أشير إلى الدور الحاسم للكونفوشيوسية الحديثة، فإنّ ظهور مبادىء تحلّ جميع المسائل، علميّة كانت أم تقنية، أم اقتصادية، سياسية واجتماعية، ساهم دون شكّ في ركود التقنية الصينية. وهذا يلتقي جزئياً مع ما قلناه لتوّنا.

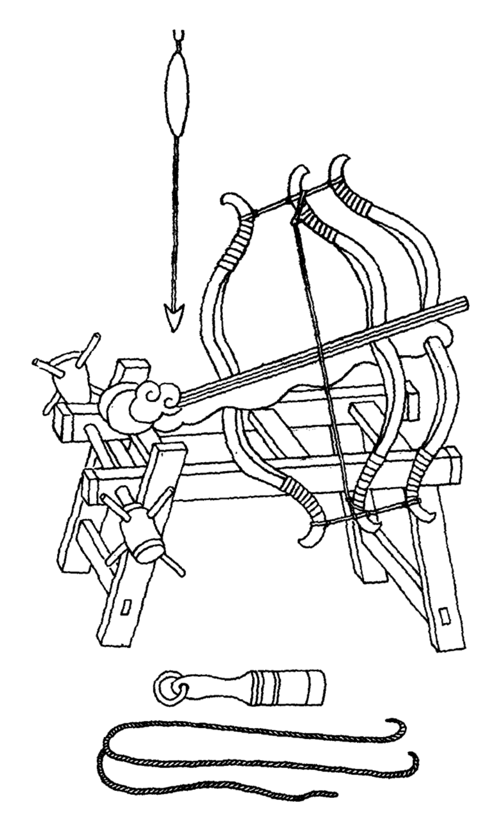
كذلك أشير بحقّ إلى ولادة إقطاعية بيروقراطية، ذات طابع ريفي. إنّ التطوّر التقني يؤدّي حتماً إلى تغيّرات اجتماعية ممّا لا يرضي إدارة قوية ومجتمعاً قابعاً. وهذه تفسيرات نجدها أيضاً في مجتمعات تختلف جوهرياً، مثل مجتمعات أميركا الجنوبية ومجتمعات العالم الإسلامي.

هناك أخيراً أسباب أخرى من نوع مختلف. لا شكّ في أنّ التقنية الصينية استفادت من الخارج، ومنذ اليوم الذي انقطعت فيه الصين نوعاً ما عن العالم الخارجي لم يكن بوسع نموّها إلاّ أن يتوقّف من حيث أنّ الاندفاع لم يكن موجوداً في الداخل. بينما نرى الانطلاقة الغربية، من الناحية التقنية، انطلاقاً من النصف الثاني من القرن الخامس عشر، تتغذّى من نفسها، بعكس الصين. أخيراً أشير إلى «انعدام جهاز أدوات فعلي مناسب». هذا العائق أمام فكر منطقي، والذي صادفه المصريون دون شك، هو حتماً عامل له أهمّيته ودوره.

لقد كان نيدهام حتماً على حقّ عندما ركّز، لصالح الغرب، على اقتصاد رأسمالي، صناعي ومر كنتيلي (تجاري) قلب المبادىء التي كان مسلّماً بها. هذا الاقتصاد الذي ظهر أخيراً، بعد طلائع عدّة، خلال القرن الخامس عشر، هو الذي سمح للغرب بانطلاقة تقنية لم تستطع الحضارة الصينية أن تعيشها.

في الواقع، لا تحظى التفسيرات المقترحة، بالنسبة للأغلبية، بالموافقة الكلّية، إذ يتّفق المؤلّفون حول حقيقة بعض الظواهر ونصل بالضرورة إلى قائمة ملتبسة يتناقض أحياناً بعض عناصرها. كلّ أراد أن يجد سببه أو أسبابه الخاصّة به. عند دراسته لانعدام التجدّد التكنولوجي في الصين انطلاقاً من لحظة معيّنة، يستنتج ج. نيدهام في فقرة أخرى:

(...) لقد بقي التجار في طبقتهم ولم يتمكّنوا من الارتفاع إلى مراكز المسؤولية في الدولة. بالطبع كانوا يشكّلون اتّحادات لكنّها لم تكن أبداً بحجم وأهمّية الاتّحادات الأوروبية. وهنا نضع يدنا ربّما على السبب الرئيسي الذي منع الحضارة الصينية من الوصول إلى تكنولوجيا حديثة، لأنّ المسلّم به عالمياً أنّ التطوّر التكنولوجي في أوروبا ارتبط ارتباطاً وثيقاً بوصول طبقة التجّار إلى الحكم والسلطة.



شكل ٩. ـــ مبدأ القذّافة الصينية بأبعاد المدفعية (1044).
كان ميكانيكيو الاسكندرية الإغريق أكثر تقدماً.

(عن ج. نيدهام)

يعترض العالم الاقتصادي والسياسي روستو Rostow على هذا الموقف، فهو يؤكّد أنّ طبقة التجّار الصينيين كانت أقوى ممّا قيل ومقدّرة أكثر ممّا افترض، وأنّه في نهاية المطاف لم تبد الاتّحادات يوماً ما، وأينما كان، اهتماماً بالتجديدات التقنية.

م. إلفين M.Elvin يقترح تفسيرات أخرى: عدم كفاية رؤوس الأموال، أسواق ضيّقة، عوائق سياسية، عدم قدرة الصينيين على إنشاء مؤسّسات كبيرة وتدوم طويلاً. وهو يتصوّر أنّ الصينيين وصلوا إلى نقطة كانت تستلزم تطوّرات سريعة وكبيرة، ويضيف إليها الدخل الفردي الضعيف بحكم الضغط الديموغرافي، وازدياد كلفة المواد الأوّلية والقحط في موارد القطن الداخلية. ولكن هنا أيضاً يردّ روستو أنّ الغرب عانى من الأزمة نفسها، ويلفت إلى «الخميرة العلمية، الفلسفية، الابتكارية والمجدّدة التي تميّزت بها أوروبا في العصر نفسه». ونعود أيضاً إلى إلفين:

تقريباً كلّ العوامل التي اعتبرها المؤرّخون بشكل عام أنّها ساهمت بالثورة الصناعية شمالي غربي أوروبا كانت موجودة كذلك في الصين (...) وحده كان ينقص علم أمثال غاليلي Galilée ونيوتن Newton؛ لكنّ هذا لم يكن مهمّاً على المدى القصير. لو أنّ الصينيون امتلكوا أو اكتسبوا ذلك الميل المفرط للشغل والإتقان الذي وجد في أوروبا القرن السابع عشر، لكانوا تمكّنوا من بناء نول فعال للغزل انطلاقاً من النموذج البدائي الذي وصفه وانغ شن Wang Chen. مكنة البخار ربّما كانت قد صادفت بعض المشاكل؛ لكن ليست مستحيلة الاجتياز بالنسبة لشعب كان قد وضع قذّافات أسهم ذات كبّاس وعمل مزدوج وذلك في ظلّ عهد سلالة الـ سونغ Soung. النقطة الحاسمة هي أنّ أحداً لم يحاول. في معظم الميادين ـ الاستثناء الرئيسي هو الزراعة ـ كانت التكنولوجيا الصينية قد توقّفت قبل اللحظة التي أصبح عندها النقص في المعارف العلمية الأساسية حاجزاً جدّياً.

يعود روستو ويركّز على انعدام «الثورة العلمية» كتفسير للتوقّف التقني.

ويبقى النقاش مفتوحاً.

تقنيات أميركا ما قبل كولومبس

إنّ أكثر الحضارات التي تجسّد صورة عن التوقّف التقني في مرحلة بدائية هي حضارات أميركا ما قبل كولومبس، وهذا ما قد يُدهشنا. التطوّر البالغ الذي تتمتّع به أميركا حالياً، وذكريات فنّ رائع معظم الأحيان وهندسة معمارية مدهشة، كلّها أمور ساهمت بحجب بعض معطيات المسألة. دهشتنا هذه هي أقلّ بالنسبة لكون بعض الحضارات الإفريقية، الميلانيزية أو الأوقيانية بقيت في طور بدائي أيضاً. حتّى أنّه قد يُعتقد من غير المنطقي أن تكون تلك التقنيات القبكولومبية (ما قبل كولومبس)، المتقدّمة، قد توقّفت فجأة

في طور نموّها. الكثير من التفسيرات قدّمت بهذا الصدد لكنّ أيّاً منها لم يبدُ مرضياً فعلاً: الانعزال عن بقيّة القارّات (أوروبا، آسيا، إفريقيا التي كان الاتصال بينها سهلاً)، تجزئة الحضارات الداخلية، مجتمعات شديدة البنية. وليس من السهل التخبّط في نظريات مبهمة قليلاً ليس منها إلاّ أن تزيد الطين بلّة: «لم يكن الانسان الأميركي تقنياً بالفطرة (...) ركود في الاختراع، مع تجمّد تقني لم يلغِ المهارة اليدوية».

لا شك في أنّنا مضلّلين بفكرة تطوّر تقني طبيعي، منطقي ومحتّم، ومن هنا تأتي دهشتنا من بعض ما نجهل: نضطر إذن من أجل التفسير، بمفهومه الحالي، أذ نبحث عن أسباب خارجية المنشأ. لقد سبق أن التقينا بهذا الأمر بمعرض حديثنا عن تقنيات اليونان الكلاسيكية. يتعيّن أن نضيف، فيما يخصّ التقنيات القبكولومبية، الصعوبات المتعدّدة التي تواجه المؤرّخ، حيث أنّ معظم شعوب أميركا ما قبل كولومبس لم تكن تملك نظاماً للكتابة والمعروف أنّ الكتابة هي تقنية اتصال مهمّة للغاية؛ إذن لم يبقَ لنا أيّ شاهد مكتوب من أيّ طبيعة كان، والمعلومات الوحيدة التي نملكها أتت بعد الفتح إمّا من المواطنين الأصليين إمّا أكثر الأحيان من غزاة اهتمّوا بنقل ما رأوه وما لاحظوه. العتاد التقني المصنوع كما سنرى من المواد العضوية خاصّة اختفى بكليته تقريباً. وهذا النقص في المادّة الوثائقية الدقيقة والواسعة يطال أيضاً كلّ المحيط التقني، خاصّة الديموغرافية والاقتصاد، وكذلك العلم وكلّها ميادين قريبة جدّاً من التقنيات. كلّ هذا بالتالي يترك مجالاً حرّاً لافتراضات مجّانية أكثر الأوقات ومبالغة أحياناً.

النقطة الرئيسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار، والتي نالت موافقة المؤرّخين المعاصرين، هي وجود عدد من «النواقص» التقنية التي تمنع ولادة أنظمة تقنية متطوّرة. هذا هو نوعاً ما مفتاح التجمّد التقني. عدا عن الكتابة التي ذكرناها لتوّنا، يوجد ثلاثة قطاعات تقنية كبيرة لم تعرف أيّ تطوّر في أمريكا ما قبل كولومبس، وهذا منذ أقدم العصور:

1 ـ القول أن أمريكا ذلك الحين لم تعرف الحيوانات الأليفة ليس صحيحاً تماماً، فقد تمّ التدجين في مناطق عديدة ولاستعمالات متنوّعة. هكذا مثلاً عند الأزتيكيين بالنسبة لديك الحبش وللكلب، اللذين جرت تربيتهما من أجل أسباب غذائية. كما اعتمد شعب الإينكا تدجين العديد من الإبليات: كان حيوان الألبكة يعطي صوف جزّته الكثيفة للحرفية النسيجية، وكذلك حيوان الفيكونة. واستخدم اللامة (الجمل الأمريكي) والغوناق كبهائم للنقل، رغم ضعف حمولتهما (ثلاثون كلغ تقريباً) وقصر مسافة النقل. من جهة أخرى كانت كلّ هذه الحيوانات تنتج اللحوم، وجلودها التي كانت تُحوّل إلى صنادل وجرابات،

وعظامها التي كانت تصنع منها المسلاّت وأدوات أخرى. وكانت تؤخذ أخيراً إفرازاتها وتُستخدم كوقود.

تجدر الإشارة إلى أنّه في الكثير من المناطق، أدّى غياب تربية الماشية إلى نتائج مهمّة: من الناحية الغذائية نقص في اللحوم والحليب والدسم الحيواني، من الناحية الحرفية غياب الجلد والصوف. وربّما كانت النتائج جسيمة في مجال الطاقة: غياب الحمل والشحن بالنسبة للمواصلات والنقل، وغياب الزبل بالنسبة للزراعة.

هناك بعض الأسئلة من الطبيعي أن تُطرح ولكن يتعذّر علينا الإجابة عنها. إنّ تدجين الحيوانات، وبشكل أوسع تربيتها، يتطلّب عدداً من الشروط الضرورية. أوّلها هو وجود الحيوانات القابلة للتدجين والمعرف أنّ أمريكا لم تعرف لا الحصان ولا البقريات التي كانت البهائم الأنفع والأربح بالنسبة للعالم القديم. كذلك من الضروري الحصول على الغذاء الضروري من أجل إطعام الحيوانات المدجّنة، وقد رأينا الصعوبة التي واجهتها أوروبا بهذا الصدد، حتّى في المناطق الغنية نسبياً بينما لم يكن يوجد في أمريكا، على الأقلّ أمريكا الحضارات الكبيرة، سوى مراع هزيلة وفقيرة. لقد كان من الضروري، بالنسبة لكلّ شعب يمارس تربية الماشية، إقامة توازن معيّن في الزراعات القوتية، البشرية والحيوانية، ولم يتحقّق هذا الأمر إلاّ متأخّراً، توازن زراعي ـ رعوي تصعب إقامته في مناطق لم تكن زراعتها قد تطوّرت بعد. وكلّ هذا كان يستدعي حضارات ومجتمعات متكيّفة. الحاجة كانت تدعو إذن إلى مجموعة من العناصر الضرورية لم يكن الواحد منها كافياً بحدّ ذاته. لا شك في أنّ المادّة الوثائقية التي نملكها ضئيلة جدّاً بشكل لا يسمح لنا بالإجابة عن كلّ هذه التساؤلات.

II ـ الشيء ذاته تقريباً بالنسبة لمسألة المعادن. بشكل عام قلّما عمد أمريكيو ما قبل كولومبس إلى استعمال كلّ المعادن التي نجدها بحالتها الطبيعية الخالصة: الذهب، الفضّة، النحاس. الرصاص لم يُستعمل إلى في نطاق ضيّق، ويُحتمل أن يكون البرونز قد اكتُشف بالصدفة. أمّا الإعاقة الكبيرة في تلك الحضارات الأمريكية فكانت غياب الحديد: وحدهم الإسكيمو استخدموا الحديد النيزكي. بشكل عام، لكنّ الأمر ما يزال ملتبساً على المؤرّخين، إذا كان أمريكيو ما قبل كريستوف كولومبس قد عرفوا طرق وأدوات إذابة المعادن الخالصة فإنّهم لم يعرفوا كيفية تحويل هذه المعادن الخالصة، وهي عملية أكثر تعقيداً بمراحل: لدرجة أنّ أحداً لم يستطع أن يفسّر بشكل واضح، أو حتّى تقريبي، كيف ولدت صناعة التحويل المعدنية في العالم القديم. يُحتمل أن تكون استُعملت في البداية، كما في أمريكا، الطبقات الخالصة؛ ولكن ليس الحديد، باستثناء الحديد النيزكي. من المستحيل أن نتبيّن

سبباً أو أسباباً لهذه الظاهرة: في بعض المناطق، اكتشفت وسيلة تحويل المعادن، وفي البعض الآخر لم تُكتشف.

لقد كانت الصناعة المعدنية نامية بشكل خاص، بالنسبة للمعادن التي ذكرناها، في بعض المناطق الأمريكية. لقد ولدت، متأخّرة، وسوف نعود إلى هذه الناحية من المسألة، بين بناما والإكوادور، في ما يسمّى اليوم كولومبيا، وفي أمريكا الشمالية كان يوجد طبقات مهمّة من النحاس الخالص، في المكسيك أيضاً كانت الصناعة المعدنية متطوّرة بما يكفي.

إذن النقص الكبير كان في الحديد. لا النحاس ولا البرونز، وطبعاً لا الذهب أو الفضّة تتمتّع بالصلابة الضرورية لصناعة الأدوات. ونلمس غياب هذا المعدن الصلب من خلال الإصرار على اعتماد الأدوات الحجرية، في حين كان النحاس والبرونز معروفين، منذ ما بين القرنين الثامن والعاشر. يمكن لانعزال أمريكا ذلك العصر عن القرون الوسطى الغربية أن يفسّر من جهة غياب الاستيرادات الآتية من البعيد، كما كان يحدث في أوروبا وآسيا، ومن جهة أخرى انعدام انتقال التكنولوجيا. من الواضح أنّه في العديد من الميادين كان غياب الحديد سبباً مهمّاً لإعاقة عدد كبير من التقنيات: لا داعي كثيراً لأن نركّز على هذا الموضوع، فكلّنا يدرك ثقل الوطأة الناتجة عن «النقص» في الحديد. قد يكون من المفيد، من أجل فهم أفضل لتجمّد الحضارات الأمريكية، أن نضع نوعاً ما قائمة بضرورات وجود الحديد.

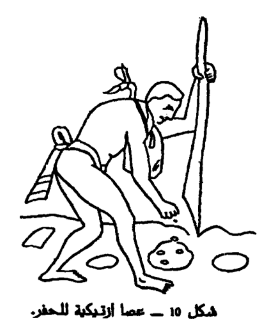
III ـ هناك أمر ثالث، مثير أكثر وصعب أكثر للشرح، اصطدم به عدد من الباحثين. لنحدّد على الفور أنّنا هنا لسنا بمعرض تقديم هذا التفسير الذي بحث عنه الجميع، بل بمعرض طرح عناصر المسألة بصورة أفضل. قبل القرن الثامن كان يوجد في فيرا كروز Vera Cruz، في المكسيك، ألعاب للأطفال، لا سيّما كلاب خشبية، مرفوعة على أربع عجلات تدور حول جزعين. رغم هذا لم تُستعمل العجلة أبداً في الحضارات الأمريكية القبكولومبية. ونرى فوراً النتائج الهامّة المنبثقة عن ذلك: لا بكرة، لا خنزيرة أو آلة رفع، لا دولاباً من أيّ نوع كان، لا عربة، ولا كلّ ما يمكن استخلاصه من استعمال العجلة: اللولب، الإطارة، التشبيكات، التخفيف، استغلال الطاقة المائية والهوائية.

بالطبع لا يجب الوقوع في الخطأ، إنّ الغرب بشكل عام لم يعرف إلاّ متأخّراً استعمال العجلة في العديد من القطاعات. من جهة أخرى هناك أمر لا يمكن إنكاره: لحظة الفتح كانت أوروبا تمتلك تقريباً كلّ تطبيقات العجلة وبالتالي كلّ الحركات الدائرية المتواصلة. ما يجب التركيز عليه هو أنّنا نتّخذ موقفاً خاطئاً عندما نعتبر من الطبيعي استعمال تقنية معيّنة، وبالتالي عندما ندهش من ظهورها المتأخّر أو حتّى، كما هي الحال هنا، من غيابها في بعض الحضارات.

لنعِد، ببضع كلمات، ما أمكننا ملاحظته من تطوّر تقنيات أقدم الحضارات في العالم القديم. إنّ الاستعمال البدائي للعجلة يتعلّق حتماً بالمواصلات البرّية، بعد ذلك فقط عرفت العجلة استعمالات أخرى: البكرة والخنزيرة، دولاب الخزّاف، إلخ. يمكننا القول تقريباً أنّه بفضل المواصلات البرّية، بفضل عجلات العربة وعى العالم الشرقي إلى إمكانات العجلة أو، بشكل أوسع، إمكانات الحركة الدائرية (الرحوية). لكن ماذا نجد في أمريكا؟ العربة البرّية تستلزم بالضرورة تقنيات أخرى: لا سيّما تقنيات تربية الماشية، من حيث أنّ استعمال العربات التي تعتمد على الجرّ البشري لا يمكنه إلاّ أن يكون محدوداً، وأيضاً تقنيات بعض الصناعات المعدنية من أجل تقوية الأجزاء الأساسية في العربة (المحاور، إطار العجلات، إلخ.). لم تعرف أمريكا هذه التقنيات المجتمعة التي أوجدت العربات المعجّلة، والمرور من اللعبة إلى العربة البرّية لم يكن بالسهولة التي يفترضها البعض. هنا أيضاً يأخذ مفهوم النظام التقني كلّ قيمته. لن نتكلّم، كما فعل البعض، عن المنقلة التي لم يعرفها الغرب نفسه إلاّ متأخّراً، نحو القرن الثالث عشر دون شك. إذن يبدو أنّه بإمكاننا بصورة أفضل، إن لم يكن أن نفهم كلّياً، على الأقلّ أن نحسن تقدير غياب العجلة، المدهش للوهلة الأولى، في الحضارات التي تهمّنا هنا.

النتيجة الحتمية للاتّحاد بين هذه «النواقص» الثلاثة المهمّة كانت الحدّ من النموّ التكنولوجي في الحضارات الأمريكية القبكولومبية، دون أن يحول ذلك دون وصول بعض التقنيات، لا سيّما تلك التي تتعلّق بالفنون، إلى مستوى عال جدّاً. ويمكننا، مرّة أخرى أيضاً، أن ندرج هنا مفهوم النظام التقني. هذا النقص في بعض التقنيات كان يحجز نوعاً ما التقنيات المكتسبة على مستوى منخفض نسبياً.

في مجال الزراعة، يجدر تمييز تجهيز الأرض، التقنيات الزراعية والأصناف المزروعة. كانت تجهيزات الأراضي حتماً محدودة جدّاً. في بعض المناطق، خاصة الأندس Andes، كان الريّ منهجياً، مع قنوات متطوّرة غالباً ـ كان يبلغ طول قناة تشيكوما Chicoma مئة وعشرين كيلو متراً ـ وخزّاناً وطبعاً كلّ التنظيم الذي تستلزمه شبكات ريّ كاملة. كان يُعمد كثيراً إلى زراعات السطوح، مع جدران من الأحجار الجافّة، وكان استصلاح الأراضي يتمّ بواسطة الوقيد والقطع. كانت قطعة الأرض، بعد استنفادها خلال عدد من السنوات، تعود إلى حالة البور، ولا يبدو أنّه اعتمدت مناوبات زراعية متطوّرة. كلّ هذا يعود إلى الطرق الزراعية، إلى النباتات المزروعة وخاصّة إلى النقص في الأسمدة. في البيرو استُعمل الغوانو (سماد من ذرق الطيور)، أمّا الأزتيكيون فقد استخدموا سماداً ناتجاً عن روث ومخلّفات الإنسان. إلاّ أنّ الحضارات الأمريكية كانت تفتقر طبعاً إلى الزبل لعدم وجود تربية الماشية، والأسمدة الطبيعية كانت تقريباً مجهولة.



شكل 10 ــ عصا أزتيكية للحفر.

(عن م. دوما، «Histoire générale des techniques»، منشورات P.U.F، باريس، 1962).



شكل 11 ــ عصا إينكا للحفر.

(عن م. دوما)



شكل 12 ــ عزق إينكا. (عن م. دوما)

لعدم وجود حيوانات الجرّ، لم يعرف الأمريكيون، بالنسبة لشغل الأرض، سوى أدوات بدائية (شكل 10). وكان النقص في الحديد يزيد من هذا التأخر، وإن كنّا نلاحظ، في الحضارات الغربية، استعمالاً محدوداً للحديد في المجال الزراعي. كان شغل الأرض يتم خاصة بواسطة المجرفة، وكانت من الخشب، مزوّدة أحياناً بنصل من الحجر. كذلك كانت تُستعمل عصا الحفر، محنيّة، مزوّدة بسند للقدم (شكل 11). في منطقة الأندس الوسطى كانت التلع تُكسَّر بواسطة هراوة حجرية الرأس، كانت تُستعمل أيضاً كسلاح. على أيّ حال، قلّما كان جهاز الأدوات الزراعية متنوّعاً، كانت الدرنات والجذور تحصد بعصا النقب أو المجرفة (شكل 12)، وللزروع كانت تُستعمل المناجل الحجرية. كانت الغلال تُحفظ في جرار أو في سلال، وفي حفر أيضاً.

من حيث أنّ الزارعين القبكولومبيين لم يملكوا إذن سوى وسائل محدودة، لا شك في أنّهم عرفوا كيف يستفيدوا من النبات والأنواع التي أمكنهم الحصول عليها، وقد اتّبعوا ذلك منطقياً بانتقاء الأنواع وتخصّصها. بالنسبة لحضارات منطقة الأندس، قُدّر نحو أربعون صنفاً كان يزرعها المزارعون، كلّ منها يتطابق مع منبسط بيئوي محدّد. من الممكن أن نعدّ، ليس كلّ النباتات المزروعة، بل على الأقلّ أهمّها: بطاطا، ذرة، فاصولياء، فلفل، قرع، منيهوت، فستق، أبوكاتو، قطن، قطيفة، قويسة.

إلى هذه الأصناف يمكننا أن نضيف اللاكينوا وأرزّ منطقة الأندس الذي ينمو في خيس (على روم الأشجار القديمة المقطوعة)؛ كذلك كان يُزرع ... الدرنات، إلاّ أنّه كانت هناك بعض المصاعب التي وجب تخطّيها، خاصّة في منطقة الأندس، ... تتعدّد أنواع

المناخات بشكل كبير، هكذا كانت تُزرع البطاطا في المنبسط الذي يلي تماماً الصهب: كانت الغلال تُرفع ولكن كان يجب الخضوع للتغيّرات المناخية، العديدة والمهمّة، ومن هنا تأتي أهمّية التخزين. عند تجفيفها بواسطة الشمس والجليد كانت الدرنات تبقى صالحة للأكل لسنوات عدّة. الذرة والأرزّ كانا يُزرعان في مستوى منخفض، في أمكنة مكشوفة ومحميّة من الرياح.

يبدو أنّ زراعة الأشجار المثمرة كانت محدودة، مقتصرة على الأناناس والبابايا. ومعلوماتنا ضئيلة بشأن استثمار الغابات، لكن الخشب كان حتماً يُستغلّ لأنّه كان، كما في أوروبا، المادّة الأساسية.

إذن كان الغذاء البشري وافراً، وغنيّاً جدّاً من بعض النواحي ولكنّه كان غير متوازن كما يجب، النقصان الكبيران كانا في البروتينات الحيوانية وفي الأملاح المعدنية.

تربية الماشية كانت، كما قلنا، محدودة جدّاً ولم يكن بوسعها بالتالي أن تعوّض كلّيا عن العوز الذي لاحظناه لتوّنا. كان الكلب يُربّى من أجل لحمه خاصّة في المكسيك، والشيء نفسه بالنسبة لديك الحبش، الذي قدّمته أمريكا إلى أوروبا وقت الفتح، وقد قام بتربيته بشكل خاص الأزتيكيون أيضاً. في منطقة الأندس ذكرنا تربية الألبكة، الفيكونة، اللامة والغوناق ولكن من أجل جزّتها وقوّتها أكثر منه من أجل لحومها. إلاّ أنّ الصيد كان يكمل نوعاً ما هذا القوت الفقير، وكانت الطرائد تُصطاد بانتظام: أرانب، قواع برّي، يحمور، بيكاري، وكلّ أنواع الطيور، هذا بالرغم من أدوات صيد بدائية نسبياً. نفس الشيء بالنسبة لصيد الأسماك الذي مارسه الأزتيكيون على نطاق واسع في المناطق المحيطة بمكسيكو، مستعملين الشباك ودافعات النبال. إذن كان في هذا مساهمة غذائية لا يُستهان بها. إذا كانت القويسة تعطي القليل من الزيت فإنّ المطبخ الأمريكي كان مجرّداً من الزيت والدسم، كلّ شيء تقريباً .كان مشويّاً أو مسلوقاً معظم الأحيان. فيما يتعلّق بالمشروبات كان يُستقى من الذرة نوع من الجعة.

يبدو أنّ القبائل الأمريكية عرفت كيف تستثمر أنواع الأشجار الموجودة، فقد عرفت قيمة كلّ نوع وطريقة الاستعمال الخاصّة به، وذلك رغم جهاز أدوات بدائي جدّاً بالطبع. في جنوب المكسيك كانت تُستعمل البليطة بشكل خاص عدا عن السكاكين، المخارز، المكاشط، المثاقب أو المصاقل. كان النصل من الحجر المصقول؛ أمّا الإسكيمو فقد استعملوا الحديد النيزكي الذي امتلكوا طبقات طبيعية منه بينما استُعمل النحاس في كلّ من البيرو والمكسيك. هذا الجهاز كان محدوداً أغلب الأحيان وكانت الأداة الواحدة تُستعمل

لأغراض متعدّدة. من الصعب القول كيف كانت تتمّ التجميعات، حيث لا يبدو أيّ استعمال للمسامير، حتّى النحاسية، بالمقابل كان صمغ السمك يُستعمل بكثرة ممّا حدّ من حجم ومدّة هذه التجميعات. كذلك وُجدت تجميعات مدروزة بواسطة ألياف جذور الصنوبر، تماماً كما كان الفايكنغ الأوائل يخيطون سفنهم.

يتعذّر علينا نسبياً أن نعرف تاريخ الصناعات المعدنية القبكولومبية. لقد قلنا أنّ أولى المعادن التي استُعملت كانت معادن خالصة طبيعية، بصورة خاصّة النحاس والذهب، اللذان توفّرت طبقاتهما في أمريكا الشمالية. ويبدو في تلك المناطق أنّ الإنسان بقي طويلاً في هذا الطور، لا شكّ بسبب عدم اكتشاف تحويل المعادن الخالصة. بالطبع كان هناك القليل من المناجم وعندما اضطر الانسان إلى حفرها، بعد نفاد الطبقات المزدهوة، كان يتوقّف عند عمق بسيط أغلب الأحيان: يبدو أنّ أعمقها وصل حتّى سبعة أمتار. أمّا الصناعة المعدنية الحقيقية، أي تحويل المعادن، فيبدو أنّها ظهرت هناك بين القرنين الثامن والعاشر وفي الوقت نفسه في كولومبيا وفي جنوب البيرو. كذلك لا نعرف تماماً طرق التحويل التي اعتُمدت: نوعية الأفران، نفخ الهواء، مسهّل الانصهار وطريقة تحميص المعادن الخالصة الكبريتية.

قلّما كانت تُعرف غير صهر المعادن عند نقطة ضعيفة، وبشكل أساسي الذهب. هناك صور نرى فيها أنواعاً من القدور الفخّارية (شكل 13)، وكان الهواء يُنفخ بواسطة شبابة نحاسية (شكل 14). ثمّ سرعان ما أصبحت الصناعة المعدنية الأمريكية تنتج الأشابات، ومن المحتمل أن تكون قد حصلت عن طريق الصدفة في البداية، إمّا بسبب وجود معدنين في طبقة واحدة إمّا بسبب وجود أمزجة في أفران الصهر. نجد في منطقة الأندس، منذ القرن السادس، أشابة ذهب ـ نحاس؛ وقد أخذت الأشابات نهجها الخاص خلال القرن العاشر وكان ذلك في كولومبيا أغلب الظنّ. لقد استُعمل كثيراً مزيج له مميّزاته الخاصة وهو التومباغا المكوّن من 82% ذهباً و 18% نحاساً؛ عند إخضاعه للحرارة ولمغطس من الأسيد (الحمض) يأخذ هذا المزيج سطحاً مذهّباً، وعند إعادة تحميصه وطرقه يكتسب صلابة تعادل صلابة البرونز أو الفولاذ اللدن. كان هناك الكثير من الأشابات الثنائية: ذهب ـ فضّة (مع 35 إلى 50% من الفضّة)، فضّة ـ نحاس (مع 20% من النحاس)، نحاس ـ زرنيخ (مع 5% من الزرنيخ)، وكان معظم هذه الأشابات يأتي من الساحل الجنوبي للبيرو حيث تمّ أيضاً وضع أشابة ثلاثية ذهب ـ فضّة ـ نحاس. أمّا الأزتيكيون فقد وضعوا أشابة النحاس ـ الرصاص. أشابة النحاس ـ القصدير، أي البرونز، ظهرت متأخّرة، بين القرنين الحادي عشر والرابع عشر، في تياواناكو Tiahuanaco، ثمّ في الساحل الشمالي للبيرو في القرنين الرابع عشر والخامس عشر. كان البرونز ذو النسبة المئوية الضعيفة من القصدير يعطي معدناً قابلاً

للطرق وكانت تُصنع منه الأدوات، لكنّ نسبة القصدير، 12% وأقلّ، كانت أضعف من أن تعطيه صلابة حقيقية. أمّا البرونز ذو نسبة القصدير العالية فلم يكن قابلاً للطرق بل كان يُستخدم للصهر وللقولبة. إذن في مجال الأشابات كانت الأعراق الأمريكية الجنوبية قد وصلت إلى تمكّن جيّد من استعمال مختلف المعادن، إلاّ أنّه لا يجب أن ننسى أنّ استعمال كلّ هذه الأشابات كان ذا طابع فنّي بصورة خاصّة. باستثناء البرونز، وضمن الحدود التي ذكرناها، لم يكن بإمكانها أن تقدّم إلى التكنولوجيا بمجملها مواداً ذات قيمة كبيرة، من هنا ندرك لماذا امتدّ استعمال الحجر المنحوت والمصقول على فترة زمنية طويلة.



شكل 13. صهر المعدن عند الأزتيك.
(عن م. دوما)

لقد بقي شغل المعدن في طور بدائي بعض الشيء وذلك لانعدام الأدوات الضرورية بعض الأحيان. من أجل استخدامها للزينة والمجوهرات، كانت المعادن، لا سيّما المعادن الثمينة، تطرق وتضرب كي تصبح صفائح قليلة السماكة أو حتّى رقاقات، وبعد ذلك تقطّع، تُضغط أو تُحدّب، وتُنقش إذا ما دعت الحاجة. أمّا



شكل 14. ــ عامل ينفخ بالشبابة.
(عن م. دوما).

ابتكار التذهيب والتفضيض فيقع ما بين القرنين الخامس والحادي عشر، في حضارة موشيكا شمالي البيرو. كان العمل على الحامي يتمّ معظم الأحيان بتحمية ثانية، تطريق ولحام بالمطرقة، كما كان بالإمكان جمعه مع السقاية، ولكن أبداً لم يمكن الحصول، عن طريق مختلف هذه العمليات، على صلابة شبيهة بصلابة الحديد أو الفولاذ. من أجل تجميع القطع المعدنية كان يُعتمد التدسير وكذلك اللحام الذي ظهر في مناطق الأندس الوسطى ما بين القرنين السابع والحادي عشر، ومن المحتمل أنّه كان يجمع بين التطريق والتحمية. أمّا التذهيب فكان يتمّ بثلاث طرق مختلفة؛ التلوين هو تلك الطريقة التي ذكرناها بمعرض حديثنا عن أشابة الذهب ـ النحاس، كذلك كان بالإمكان تغطية القالب برقاقة من الذهب قبل أن يُصبّ فيه معدن آخر، التلبيس كان أيضاً معروفاً. كان يُنقش الغرض الفضّي أو النحاسي بواسطة الأسيد ثمّ يُطلى بالذهب المسحوق مع الزئبق، وعند التسخين أخيراً يُطرد الزئبق ويتركّز الذهب على المعدن الآخر. أمّا الصقل فكان يجري إمّا بواسطة نباتات إمّا بواسطة رمال صوّانية.

تدلّنا الآثار التي خلّفتها بعض شعوب أمريكا القبكولومبية على مدى تمكّنها من شغل الحجر، ولكن للأسف إن كنّا نعرف المقالع والأدوات فإنّ غياب الوثائق لا يسمح لنا بتصوّر الوصف الدقيق للطرق التي اعتُمدت. كان جهاز الأدوات حجرياً بشكل أساسي، ولكن أيضاً من الخشب، والقصب، والعظم والجلد ومؤخّراً من النحاس. نذكر هنا ما عدّدته الآنسة تشيتّا دي لا كايي Chita de La Calle:

إنّ الأدوات الحجرية كالبيزر، البلطة، الوتد، الإزميل، المكشط، المخرز والمثقاب تسمح للحرفي بالسحق، الكسر، الشقّ، التفتيت، الشحذ، الكشط، الثقب، التجويف، النقش أو الصقل. الأدوات الخشبية أو العظمية تسمح بالبشر، والصقل والتنميق. القصب، العظم والمعدن تُستعمل لثقب الحجر والجلد لتجزئته. الحكّاكات الصلبة جداً لم تكن معروفة، بل كان العامل يستخدم نفس الحجر الذي يشتغله، تبعاً لمبدأ معروف بالنسبة للماس. كذلك كان الرمل والماء يُستعملان عادة كحكّاكين.

تقنيات نحت الصوّان كانت نفسها المعروفة في أنحاء العالم. بالنسبة للزخرفة أو المجوهرات، كانت تُستخدم الحجارة الصلبة، أي صعبة الشغل: البلّور الصخري، عند الأزتيكيين، في القرن الخامس عشر، مع السنباذج وأداة من النحاس المبلّل. كذلك شُغل حجر المعشوق، اليمان، العقيق، السردوني، اليشب والفيروز. كان اليشب يُنحت صفائح بواسطة قطع جلدية، مع الماء والرمل. في الواقع، لم تكن الأدوات المصنوعة من مواد تُدهشنا بعض الشيء، كالعظم والجلد والقصب وأيضاً النحاس، أكثر من مساعدات إمّا لغبار الحجر نفسه الذي يُشغل، إمّا للرمال الصوّانية. الأداة الفعلية كانت فعلاً الحكّاك. حتّى

أنه استعملت سنابل الذرة كمثاقب، حلّت محلّها في القرن الثالث عشر مثاقب أنبوبية من النحاس سمحت بتزويد منتظم بالماء وبالحكّاك.

حول حجارة البناء، التي قلّما استعملت في أمكنة غير الآثار الكبيرة، لا نعرف كثيراً كيف أُخذت من المقالع أو كيف شُغلت وجُهّزت. كان داخل البناء من دبش مكوّم أو من حجارة مسطّحة بركانية المصدر، أمّا الورقة فكانت من كتل البزلت، الغرانيت أو الحثّ، مقصّبة أو مصقولة. ولم يكن هناك من إسمنت، كان الدبش يُجمع أحياناً بواسطة الوحل، وفي المكسيك كان يُستعمل ملاط من الرمل والكلس ذو صلابة مميّزة.

رغم بعض النواقص، كانت تقنيات النار منتشرة جدّاً في أمريكا ما قبل كولومبس. هكذا كان بالنسبة للصناعة الخزفية بالرغم من عدم وجود دولاب الخزّاف الذي كانت تستعمله حضارات العالم القديم منذ وقت بعيد. إذن كان يضطر الخزّافون إلى القولبة. ويقول هـ. فافر H.Favre أنّ المعجونة كانت تُجعل بشكل عام فصيداً يُلفّ حول نفسه لإقامة جوانب القطعة التي نرغب بالحصول عليها. ويبدو أنّنا وصلنا بسرعة إلى القولبة التي تسمح بصناعات الجملة وقيل أنّها ابتُدعت في وادي مكسيكو خلال القرن السادس، في منطقة المايا خلال القرن الثامن ومن هناك عبرت إلى الساحل الشمالي للبيرو في نفس العهد تقريباً (ويعتقد البعض أنّ هذه القولبة تأكّدت في تلك المنطقة الشمالية من البيرو منذ بداية العهد الميلادي). ومن القولبة وُلد ذاك الخزف ذو الأشكال الإنسانية والحيوانية التي ما تزال تُدهشنا واقعيّتها. إلاّ أنّ ممارسة القولبة لم تلغ أبداً تقنيّة اللف المعتمدة من أجل الخزفيات الكبيرة، خاصّة الجرار المعدّة لحفظ الأغذية. على أيّ حال كانت وفرة طبقات الصلصال في أنحاء أمريكا عاملاً مساعداً مهمّاً في نموّ الصناعة الخزفية.

لقد طُبّقت طويلاً الزخرفة على الصلصال الليّن: من أجل تقنيات الحزّ استُعمل المخرز أو الرشم بواسطة قوالب مصنوعة من مادّة قاسية، الطين النضج أو الحجر. تمّ كذلك دهن الخزفيات وتظهر لنا البقايا الأثرية مدى تطوّر الزخرفة متعدّدة الألوان في بعض المناطق، خاصة على ساحل البيرو الشمالي. بعد ذلك كانت توضع القطع في الفرن كي تنضج وكان يُعتمد كثيراً الطهو في فرن مفتوح حيث كان الخشب يكوّم على القطع ويعطي لبضع ساعات ناراً تصل حرارتها حتّى 400 إلى 600 درجة. في بعض المناطق كانت تُستعمل الآبار بعد وضع الوقيد في الأعلى، وفي كلتا الحالتين كانت تُستخدم طريقة التحويل بواسطة تيار قوي من الهواء. هكذا كانت الآنية الحاصلة صلبة جدّاً وملوّنة بالأسمر، بالأحمر أو بالسكّري، هذه الألوان التي تميّز بعض الحضارات. ولم تعرف أمريكا ما قبل كولومبس أبداً الفرن الرواق، الأفقي، الذي انتشر في أنحاء العالم القديم. كانت أفرانها غير معمّرة و

وتمتدّ عاموديًا»، كانت تعمل على حرارة منخفضة ويُنفخ فيها هواء معتدل من أجل خلق جوّ مؤكسِد، عندئذ كانت الآنية تأخذ ألواناً فاتحة. هكذا إذن، في معظم الحالات، تبدو التقنيات الخزفية الأمريكية مستقلّة تماماً.

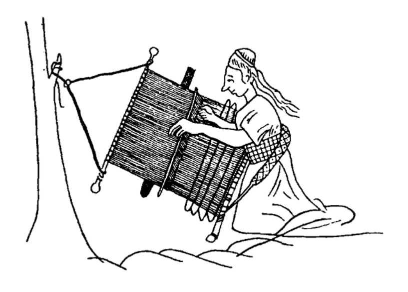
للبناء استعمل الآجر، وقد عرفنا صروحاً مهمّة بنيت من الآجر، وغالباً ما كان هذا الآجر يجفّف ببساطة تحت أشعّة الشمس. أمّا في الأندس فكانت الأبنية من الحجر فقط.

كانت تقنيات التجميع تتناول بصورة خاصّة القطاعات التي لم تكن فيها الحاجة إلى الأدوات كبيرة. لقد رأينا بالنسبة للأخشاب أنّ النقص في الأدوات لم يكن يسمح باجراء تجميعات معقّدة، لهذا كانت تُستخدم خاصّة المرونة في الخشب: صقالات مبنية من قضبان متّصلة على شكل أقواس، صناديق مصنوعة من ألواح رقيقة، خاضعة للبخار من أجل التمكّن من ثنيها بزاوية قائمة. لا وجود للمسامير ولا للتعاليق وكانت القطع تُدرز إحداها بالأخرى. كذلك وجدت كل أنواع صناعة السلال: السلال الحلزونية عند الإسكيمو، لوالب القشّ المنسوجة في أمريكا الشمالية خاصّة ولكن أيضاً في وادي الأمازون، سلال القشّ المجدولة خاصّة على طول السواحل الغربية، سلال قشّ منسوجة تقريباً أينما كان، وسلال منحرفة الصناعة من أجل البوريّات.

كان الأمريكيون مهرة جدّاً في ما يتعلّق بكلّ التقنيات النسيجية. يبدو أنّ هذه التقنيات نمت واكتملت بسرعة في البيرو حيث تألّقت وانتشرت من هناك إلى باقي انحاء القارّة. أكثر خيط استعمل كان طبعاً القطن، المزروع على طول الساحل الأمريكي الجنوبي، وخاصّة على ساحل البيرو. في عدد محدود من المناطق كانت تُستخدَم خيوط نباتية غير القطن: الباهرة والقصب. ثمّ جاء دور الحيوانات بسرعة: وبر الأرنب وحتّى شعر الإنسان، ولكن أيضاً الصوف، الذي كان يأتي عن الإبليات، اللامة وخاصّة الألبكة اللذين كانا يُربّيان لهذا القصد، وعن الأنواع البرّية، الغوناق والفيكونة وكان صوفهما دقيقاً وناعماً بشكل مميّز ويُصبغ بسهولة كبيرة. لسنا نعرف تقنيات إعداد هذه الخيوط المختلفة لكنّها كانت حتماً طرقاً بدائية جدّاً. كذلك لم نعد نعرف الكثير عن تقنيات الصباغة التي كانت تجري عادة قبل الغزل، وكانت الأصبغة النباتية والحيوانية (أصداف) مستعملة جدّاً؛ وبعضها كان معدني الأصل: المغرة، الكلس، الطبشور، المنغنيز، أمّا حجر الشبّ فكان يُستعمل كمرسّخ للألوان. هكذا فإنّ حرفيّي ساحل البيرو الجنوبي كان بمتناولهم سلّم يتضمّن أكثر من مئة وتسعين لوناً.

كان الغزل يتمّ عن طريق المغزل، من الخشب أو من الشوك، ومغازل صغيرة من الخزف. كان أهل البيرو يتركون المغزل معلّقاً حرّاً عند طرف الخيط، ولكن أينما كان تقريباً

كان يُرمى المغزل على قعر صحن أو يستند إلى الأرض. عند مضي وقت معيّن وبعد دورته على رأس مردنه، يخفّف المغزل من حركته ويتوقّف من أجل لفّ الخيط. لم يكن العرناس معروفاً فعلاً، وكان شعب الإينكا في القرن السادس عشر يستعمل العصا المتشعّبة من أجل لفّ الخيط. كذلك لم يعرف الأمريكيون دولاب المغزل بالطبع.



شكل 15. ـــ نول إينكا للنسيج.
(عن م. دوما)

النسيج بقي أيضاً في طوره البدائي، كان النول ذو الحزام منتشراً جدّاً، تقريباً نفس النول الذي نراه على رسومات الآنية الإغريقية (شكل 15) . وقد تضمّن النول الأمريكي عدداً من التحسينات: مسداة، صدرية، نُصُل وعصوات كبيرة تضرب مع الحلاّجة. وهناك بالمقابل تحسينات أخرى لم تظهر أبداً: عدّة، دواسات، المكّوك مع مسلكة. كان النول ذو السدى الأفقي متداولاً أكثر، في حين كان النول ذو السدى العمودي نادراً نسبياً. البروكار ظهر مع ابتكار السدى، ومنذ القرن السابع، أصبحنا نجد أيضاً التدبيج، النجادة والتطريز. في القرنين الحادي عشر والثاني عشر كان التدبيج في أوجه، مع الأقمشة الأكثر تعقيداً، أقمشة مزدوجة، شرائط، أقمشة مصبوغة، مخمل. يبدو أنّه في ذلك العصر عُرِفت أيضاً الحياكة التي لا يبدو أنّها عُرِفت في الحضارات الغربية خلال القرون الوسطى. بعد ذلك نلاحظ تراجع التقنيات المتطوّرة خاصّة التدبيج والتطريز، كما الحياكة والبروكار (نسيج مقصّب بالحرير والذهب). لقد عُرِف الشاش في المكسيك، أمّا إنتاج النسيج في البيرو فقد بلغ درجة كبيرة بفضل تقنيات متطوّرة جدّاً، وأيضاً بفضل تنظيم أديرة الشمس حيث تمّ تنظيم إنتاج وافر للأنسجة.

من العمارة نعرف بشكل خاصّ العمارة المدينية. وبالطبع كان يوجد عمارة غير مدينية تنوّعت أشكالها، من الخيمة حتّى البيوت نصف المطمورة مع جدران من التراب المدكوك والخشب، بيوت بسيطة من الآجرّ المجفّف وذات سقف من القشّ، وحتّى بيوت ذات طوابق، مع سلالم، من الآجر غير المطهو أيضاً. وكانت كلّ هذه الأشكال تتميّز بخصائص مشتركة: غرفة واحدة، بدون نوافذ، تهوية في السقف.

في المدن كانت العمارة متطوّرة أكثر بالطبع لكن بسبب الافتقار إلى الأدوات، حيث بقيت الأدوات النيوليتية الحجرية معتمدة طويلاً، كان تطوّر التقنيات بطيئاً جدّاً. كان الخشب يُستعمل للصقائل، للسواكف وللسقوف، والحجر من أجل الرفد وكان يُقصّب لهذه الغاية، لكن كان يُستعمل كذلك الدبش والحصى من أجل الملء وذلك بعد جمعها بالوحل. قلنا أن الآجرّ الخام كان قيد الاستعمال، فالآجر الحقيقي كان قليلاً جدّاً (امبراطورية المايا القديمة، من القرن الرابع إلى العاشر؛ وادي مكسيكو، من القرن التاسع إلى الثاني عشر). كان الكلس يُخلط مع الرمل أو مع الحصى كي يشكّل ملاطاً صلباً جدّاً. يجدر بالطبع التمييز بين المساكن العادية، التي نعرفها أقلّ كونها لم تُحفظ كثيراً، والأبنية العامّة الكبيرة كالتحصينات والقصور والمعابد حيث كانت الوسائل المعتمدة أفضل بكثير، لا سيّما بالنسبة للأهرام الكبيرة. بهذا النوع من البناء اهتمّ المؤلّفون بصورة خاصّة.

كانت الأساسات أكثر الأحيان في طور بدائي: ردم في الجبال، تمهيد في السهول. كانت الجدران تتطابق مع زاوية الانزلاق الطبيعية للتلّ وتمسك بالدبش من الداخل. التقصيب كان تقريبياً نوعاً ما وهذا يعود إلى أنّ الجدار قلّما كان عارياً، بل دوماً مغطّى بالجصّ، متعدّد الألوان غالباً، أو بالفسيفساء. الفتحات على الخارج كانت قليلة العدد وكانت التهوية تتمّ عن طريق فتحات صغيرة في أعلى الجدران، الأبواب كانت تتألف من سواكف وعضادات منحنية، مفتوحة نحو الأسفل، والمفروض أنّه لم يكن يوجد إغلاق محكم كالأبواب، بل ستائر وبوريّات. أمّا السطح فكان معظم الأحيان عبارة عن مصطبة فوق صقالة تستند إلى الجدار وتُغطّى بالحصى، بالكلس وبالملاط، وقد تسندها أيضاً أعمدة أو دعائم. انطلاقاً من القرن الرابع عرف شعب المايا عقداً شبيهاً بعقد الخرجة وكذلك عرفوا الأقواس؛ كانت هذه التقنية تسمح لهم ببناء القنوات المائية، المجاري وأقواس النصر. لكن لا يجب أن ننسى بطء ولادة العقد، في أوروبا، مع وجود جهاز أدوات متطوّر أكثر، يسمح بشكل خاصّ بالنحت الدقيق للحجارة الصلبة القادرة على مقاومة الجهود الناتجة عن العقد بحكم طبيعته. ركيزة الطير ظهرت في وادي مكسيكو قبل القرن العاشر، أي العصر الذي نجد فيه أيضاً دعائم ثعبانية الشكل. أمّا العمود الحجري فيُقال أنّه اختراع تولتيكي (القرن

العاشر ـ الثاني عشر): كان مصنوعاً من عدّة قطع تجمعها ألسنة وفرض.

معظم الصروح العامّة، القصور أو المعابد، لم يكن يملك أكثر من طابق واحد، لكن في بعض المناطق كنّا نرى بيوتاً بطابقين أو حتّى بأربعة طوابق يتراجع واحدها عن الآخر.

من الواضح أنّ الأهرامات الكبيرة ليست بالضرورة دليلاً على تكنولوجيا متطوّرة. فقد كانت كبيرة في مصر ومع هذا تعود إلى عهد كان ما يزال فيه التقنيّون المصريّون بدائيين نسبياً. كانت الحجارة تُرفع أغلب الظن على حدرات، ويبقى أن نعرف ما إذا كانت حضارات الأهرام تلك، رغم عدم معرفتها بالعجلة، تستعمل المحادل.

كان أمريكيو ما قبل كولومبس يمارسون أيضاً فنّ التحصين، كما تدلّنا قلاع ساكساوامان Sacsahuaman في الكوثكو Cuzco وقلاع أويانتايتمبو Ollantaytambo في وادي أوروبامبا Urubamba الأعلى (البيرو)، وهي أمثلة جيّدة عن البناء العسكري عند الإينكا. تتألّف قلعة أويانتايتمبو من جدارين متتاليين مصنوعين، مثل السور المثلّث في القلعة الأولى، من كتل حجرية ضخمة في إطار هائل. وكانت الأبنية تتّصل بجانب هضبة طبيعية يعلوها برج كبير. بالمقابل يبدو أنّ التسْلّح بقي بدائياً نوعاً ما. كان الترس المستدير، من الخشب أو من القصب، مغطّى بالريش، السيوف كانت خشبية مزوّدة بحدّ من حجر السبج. كذلك كانت تُستعمل الأقواس أو الدافعات، مع أسهم حجرية الرأس أو حراب. كان يوجد خوذات من الخشب؛ والدرع كان عبارة عن مجرّد سترة محشوّة بالقطن.

لقد عرفت هذه الحضارات القبكولومبية مدينية متطوّرة ووُجِدت بالفعل مدن كبيرة. شعبا الإينكا والأزتيك كانا بناة كباراً بهذا الشأن. كانت التصاميم منتظمة بشكل عام، تبعاً لرسم شوارع رباعي الزوايا حيث تتقاطع بزوايا قائمة، مع ساحة مركزية. في مكسيكو، حيث كانت الأرض صعبة جدّاً، سمح الردم بين الجزر بتوسيع مدينة مهمّة ذات شوارع عريضة ومستقيمة، مع أقنية كانت أساس حركة المرور وجسور مبنية من عوارض كبيرة. كانت أرض الشوارع من التراب المدكوك، والسيئة الوحيدة وجدت في تغيّرات مستوى الضحل الذي كان أحياناً يجعل الأقنية تطفح وأحياناً يتركها جافّة. كان أيضاً من الضروري جرّ المياه العذبة لمساعدة الينابيع التي أصبحت لا تكفي، فأقيمت قناة مائية بلغ طولها خمسة كيلو مترات، كما شُيّدت قناة أخرى من أجل تزويد شعب آخذ في الازدياد، وعام 1449 أقيمت أرصفة تحمي شوارع المدينة من الفيضانات. كانت مشكلة النفايات المنزلية محلولة بفضل يد عاملة وفيرة. لا يمكن الإنكار أنّ التقنيات المدينية بلغت درجة عالية بالرغم من نواقص بعض الوسائل. ومن الصعب التعمّق في دراسة هذا الموضوع بسبب الاختفاء شبه الكامل لكلّ هذه المدن القبكولومبية.

ننهي حديثنا هذا بمسألة المواصلات، فهنا ربّما يكمن في النهاية تجمّد تقنيات أمريكا ما قبل كولومبس. لا تأخذ التقنية بعدها الحقيقي إلاّ في قطاع جغرافي وبشري واسع نوعاً ما. ما أن تُخلق العقبات في وجه الاتّصال بمجمله، ما أن تصبح التبادلات شبه مستحيلة، نجد النظام وقد تجمّد بشكل أو بآخر. لكن ماذا نلاحظ في أمريكا ما قبل الاكتشاف؟

لقد سبق أن ذكرنا، وهنا تكمن نقطة مهمّة، أنّ وسائل نقل المعلومات لم يكن بوسعها إلاّ أن تكون شفوية، لم تكن الرسائل تُنقل بغير هذه الطريقة. نذكر فقط مساعدات الذاكرة كالرسوم أو الحبال المعقودة. إنّ انعدام الكتابة كان يشكّل آنذاك إعاقة جدّية.

تبقى طرق المواصلات، التي كانت بالطبع مرتبطة بوسائل النقل. إنّ وسائل النقل البحري كانت دائماً بدائية جدّاً، من الزورق الخفّاف الجلدي، في الشمال، إلى الزورق الخفّاف القلفي، حتّى المناطق المدارية. ثمّ الفليكات أو الجذعيات أحاديّة الخشب وكانت تُصنع إمّا بواسطة النار، إمّا بواسطة البليطات. في الجزر سرعان ما بدأت صناعة الأشرعة من البوريات، ونحو الجنوب صُنعت أنواع متعدّدة من الطوف. بأيّ حال، يمكننا القول أنّ شعوب أمريكا القبكولومبية لم تمارس الملاحة البحرية، لكنّنا لا ننسى أن السفينة ليست مجرّد عبارة عن هيكل وأشرعة، بل أنّ صناعتها تستلزم خنزيرات ورافعات وبكرات، وكلّها آلات لم تكن بمتناول أمريكا. المرافىء إذن كانت غير ضرورية.

حركة المواصلات البرّية لم تكن تتضمّن سوى تقنيتين هما الحمل والجرّ، الحيواني أو البشري. اعتُمدت كلّ تقنيات الحمل البشري، بينما كان الحمل الحيواني قليلاً وذلك لعدم وجود الحيوانات الكبيرةِ الحاملة واستُخدِم الجرّ بشكل خاص عند الشعوب الشمالية. أمّا التبادلات بعيدة المدى فكانت مستحيلة تقريباً وكانت تجزئة الاقتصاد هنا أيضاً سبباً من أسباب الركود التقني، تماماً مثل انعدام الكتابة.

إذن لم تكن الطرقات أكثر من دروب ضيّقة، استعملت بصورة أساسية من أجل إدارة ومراقبة البلاد. وحده شعب الإينكا عرف شبكة طرقات ممتدّة نسبياً، حتّى أنّ الطرقات كانت مرصوفة بجوانب المدن، دون شك من أجل تسهيل تزويدها من الأرياف المجاورة. وقد وجدنا بقايا منها في يوكاتان Yucatan، تعود إلى القرن السابع. كان عرض القارعة يبلغ 4,50 م وترتفع عن مستوى الأرض من 0,60 إلى 2,50 م. كان أساسها مصنوعاً من حجارة مكدّسة والرفد من حصى تُسطّح بواسطة محدلة من الحجر يدفعها حوالي خمسة عشر رجلاً.

ليست الحضارة بحاجة إلى تقنيات متقدّمة كثيراً كي تكون متألّقة، لقد عرفت الحضارات القبكولومبية فنوناً مدهشة قد تخدع بالنسبة لمظاهر هذه الحضارة الأخرى،

وخاصّة على الصعيد التقني. إذا كان من الصعب في النهاية أن نشرح النواقص التقنية في أمريكا التي نتكلّم عنها، فإنّه انطلاقاً من هذه النواقص يمكننا فهم التجمّد التقني التي عانت منه حتّى الفتح الأوروبي لها.

العالم الإسلامي

خلال دراستنا للحضارات العربية والإسلامية لا بدّ من أن نصادف مسائل صعبة الحلّ، وهذا بالرغم من وفرة النصوص والشواهد التاريخية.

وكي نضع المسألة ضمن إطارها نذكر ما قاله مؤلّف حديث بشأن هذه الحضارات: «عوضاً عن التطوّر المادّي لدينا الشعور بركود في العالم الإسلامي ويصعب علينا أن نحيط بما نسمّيه إثراء المعارف المكتسبة، إلاّ إذا كانت أبصارنا معميّة بكثرة الاكتشافات في الفترات الحديثة بشكل يجعلنا قاسين في حكمنا إلى هذه الدرجة.» وعلى الفور نجد أنفسنا أزاء المسألة: يُنكَر على الحضارة الإسلامية أن تكون قد ساهمت في مجال التقنيات.

إذن لسنا بمعرض مجرّد نظام تقني متوقّف وحسب، بل ميراث نظام تقني متوقّف، لم تنجح عمليّة تحويله. في هذه الحالة قد تصبح الحضارة الإسلامية متأخّرة بالنسبة للحضارات الأخرى التي تكلّمنا عنها. وهذا يتطابق جدّاً مع الظروف التاريخية، فالعرب هم أصلاً شعب رحّل، وكلّ شعب رحّل يملك حضارة تقنية محدودة: محدودة لأنّها تستبعد الإنشاءات الثابتة التي تميّز التقنيات المتطوّرة. من جهة أخرى هو شعب فاتح: ونعرف أن الشعب الفاتح يبحث عن أقصى فائدة من فتوحاته، عندئذ لا حاجة قطّ إلى قلب التقنيات المكتسبة والمتداولة، لأنّ هذا التغيير تتبعه دوماً اضطرابات اقتصادية واجتماعية معيّنة. الحفاظ على التقنيات القائمة كان يضمن نوعاً ما سيطرة المنتصر.

إلاّ أنّ هناك أمراً آخر، فبالرغم من عدم وجود تقنية متطوّرة لحظة بدأ العرب غزواتهم، فإنّهم عرفوا العديد من الهموم الكبرى التي تثبت روح التكيّف التي يتمتّعون بها، وذلك على أعلى المستويات.

ففي البلدان التي احتلّوها لم يعرفوا استقبال التقنيات التي مورست فيها وحسب، بل أيضاً أن يعيدوا تشكيل ما اختفى رويداً على مدى القرون، لا سيّما في مجال العلوم المائية.

النقطة الثانية هي دون شك مشتركة بين جميع غزاة المساحات الجغرافية الكبيرة. فقد كانت الامبراطورية العربية تغطّي حضارات متنوّعة ومتفاوتة التقدّم تبعاً للقطاعات التقنية. ومن قوّتهم كان، كما بالنسبة للرومان، أن جعلوا جميع الشعوب التي كانوا يحكمونها تستفيد من كلّ التطوّرات التقنية الموجودة هنا وهناك.

النقطة الثالثة لا تقلّ أهمّية: في كلّ المساحة التي بسطوا سيطرتهم عليها، وجد العرب تكنولوجيات متطوّرة جدّاً، وعرفوا كيف يستوعبونها. لقد سبق أن أشرنا إلى أنّ قسماً مهمّاً من أعمال مدرسة الاسكندرية قد وصل إلينا عن طريق نسخ عربية، ونفس الشيء كان بالنسبة لعدد كبير من المقالات الزراعية. إنّ هذا الاهتمام كان حتماً صادراً عن الخلفاء في النواحي الغربية، خاصّة في جنوبي إسبانيا.

فيما يتعدّى انتقالات التكنولوجيا، كما نقول اليوم، ودون أن نتمكّن من إعطاء أمثلة مدهشة، يصحّ القول أنّ العرب لم يجدّدوا ولكن حسّنوا بشكل ملحوظ التقنيات التي ورثوها. وتدلّنا على هذا دراسة الجزري عن المسيّرات الآلية وكذلك بعض المقالات في الزراعة.

نحن إذن بصدد دور مهمّ لعبه العرب، شبيه بالدور الذي قام به الرومان، وربّما مع ديناميكية أكبر لدى العرب. فكونهم أقاموا على الحدود بين العالم الغربي والعالم الآسيوي، أتاح العرب مبادلات تقنية قيّمة جدّاً: أنواع فولاذ من بلاد الهند، الورق، البوصلة، كلّها وجدت عبرهم السبل التي أوصلتها إلى حضارات الغرب كما إلى الشعوب الشرقية، هذا إذا أردنا الاقتصار على بعض الأمثلة. هذا الانتقال وهذه المبادلات كانت تستدعي تربية تقنية مستوعبة مسبقاً. يبدو أنّه هنا أيضاً لم تجرِ الأبحاث المفصّلة الكافية حول ما كانت عليه بالضبط الذهنية التقنية عند العرب. تنقصنا الأحداث الدقيقة وكذلك التأريخات الدقيقة بشكل لا يسمح لنا بتقدير القيمة الحقيقية للعالم التقني الإسلامي.

إذن من المثير أن نلاحظ أنّ العرب، بالرغم من قلّة اهتمامهم بالنهاية بالتجديد التقني، فقد امتلكوا أدباً تقنياً غزيراً نسبياً. وهذا الفضول نلمسه في دمشق كما في قرطبة، اللتين كانتا من أكبر المراكز الفكرية في فترة مجد العالم الإسلامي.

بالطبع ليس كلّ شيء أصيلاً في كمّية المقالات هذه، لكن بعيداً عن صورة حريق مكتبة الاسكندرية الذي نُسب ظلماً إليهم، نلمس لدى العرب اهتمامهم بترجمة عدد كبير من المؤلّفين الإغريق أو اللاتينيين. قد يكون من الضروري وضع قائمة بهذه الترجمات التي أتى بعضها، كما يجدر القول، عن طريق الفرس. لقد سبق أن ذكرنا أنّ بعض مؤلّفات ميكانيكيي الاسكندرية لم نعرفها إلاّ عن طريق العرب ونذكر بين العديد من الأمثلة كتاب الأجهزة الهوائية الذي كان قد وضعه فيلون البيزنطي.

تُظهر لنا هذه الكتابات العربية أنّه في مجال الزراعة، بقي الإسلام بالضبط على ما اكتسبه من الحضارة الإغريقية والرومانية. الدراسات التقنية، العديدة نسبياً، ليست في الواقع أكثر من تجميعات وقد رأينا أنّ كلّ شيء تقريباً في هذا الميدان كان ثابتاً منذ أوقات بعيدة.

من جهة أخرى لم تكن الأراضي ولا المناخ تتطلّب تغييرات عميقة. وعندما حلّت قرطبة في القرن العاشر مكان بغداد في مجال الآداب والعلوم، شهدنا تواصل كتابات وجهود الخبراء الزراعيين الكلاسيكيين. ولكن يجدر التنويه بأهمّية «الزراعة النبطية» Agricultura nabatea وهي من وحي عربي وفارسي، ويُظهر لنا بحث إبن الأوان، الذي يعود إلى القرن الثاني عشر، مدى تأثير هذه الزراعة النبطية التي ولدت في بلاد الكلدان التي تُعتبر أحد مهود الزراعة. كذلك نلفت إلى نوع من السحر كان يأخذ مكاناً ضمن الإرشادات التي نجدها في أنحاء حوض البحر المتوسّط. في الواقع، في هذه المنطقة الجغرافية التي سكنها العرب، كانت طبيعة التربة، وندرة المياه نسبياً والمناخات الحارّة نوعاً ما عبارة عن عوائق صعب اجتيازها عندما فرضت نفسها على جميع التقنيين الزراعيين.

في المجالات الأخرى كانت الكتابات العربية أقلّ دون شك. نذكر مجدّداً مقالة الجزري عن المسيّرات الآلية (الأوتومات)، التي تعود إلى القرن الثالث عشر. لقد كان هذا المؤلّف يعرف جيّداً ميكانيكيي الاسكندرية الإغريق، إلاّ أنّه حاول تخطّيهم، ومقالته تضمّنت حيلاً ميكانيكية جديدة لكنّ الأساس كان نفسه. هناك مقالة عن الأسلحة، ألّفها صلاح الدين (النصف الثاني من القرن الثاني عشر)، تظهر لنا آلية حربية مأخوذة كلّياً عن الغرب وسوف نعود إلى هذا الأمر. ويبدو جيّداً أنّ العرب الذين كانوا رياضيين وفلكيين ممتازين، دون أن نذكر أطباء وخيميائيين بلغت شهرتهم الآفاق مثل إبن سينا وإبن رشد، اهتمّوا بدرجة أقلّ بالمسائل التقنية.

والأمر المثير للفضول هو أنّ العرب لم ينقلوا على ما يبدو إلى بعض أجزاء امبراطوريتهم تقنيّات متحسّنة في أجزاء أخرى. هكذا مثلاً بالنسبة للزراعة التي أبقت في مصر على نفس الأساليب ونفس الأصناف ونفس الأدوات التي كانت معروفة آنذاك منذ عصور في حين أنّ جنوبي إسبانيا عرف تقدّماً حيويّاً في التقنيات الزراعية. إلاّ أنّه يجدر الانتباه إلى تجزئة العالم العربي سريعاً إلى ولايات أو خلافات تستقلّ إحداها عن الأخرى. كونهم لم يخترعوا تقريباً أيّ شيء، لم يكن العرب ليتنبهوا إلى ما كانت تحقّقه الشعوب الخاضعة لهم، غير مكترثين أن ينقلوا إلى هنا التطوّرات الحاصلة هناك.

إنّ كتابة تاريخ لتقنيات العالم الإسلامي تصطدم بالنهاية بنقص فعلي في المادّة الوثائقية، فالمقالات والأبحاث التقنية نادرة كما رأينا والمصوّرات شبه معدومة. هناك فقط بعض الرسومات المصغّرة الفارسية، انطلاقاً من القرن الثاني عشر، ترينا ما كانت عليه تقنيات العالم الإسلامي؛ إلاّ أنّه لا يجب أن ننسى أنّ ما كان قائماً في فارس لم يكن بالضرورة قائماً في مصر، في افريقيا الشمالية أو في إسبانيا.

في مجال الأصناف الزراعية، قلّما كان العرب وبشكل أوسع المسلمون من المجدّدين. أقصى ما يمكن فعله هو أن ننسب إلى العرب الفضل في انتشار بعض الزراعات، خاصّة قصب السكّر، القطن وربّما الأرزّ، وهي زراعات انتشرت منذ القرن الثالث عشر في أفريقيا الشمالية وفي المناطق الجنوبية من أوروبا، أي إسبانيا، إيطاليا، صقلّية. لكن ينبغي أن نأخذ بعين الاعتبار ما قدّمته الحدائق الرائعة جنوبي إسبانيا، في عهد خلافة قرطبة في القرن العاشر: لقد أمكن في هذه الحدائق النباتية كما في حقول اختبار للبذار أقلمة وتطوير العديد من الأصناف التي كانت تأتي من الشرق. إذا كان الأمر يتعلّق بشكل خاص بالنباتات الطبّية، فقد تمّت التجربة أيضاً على نباتات للزراعات الكبيرة.



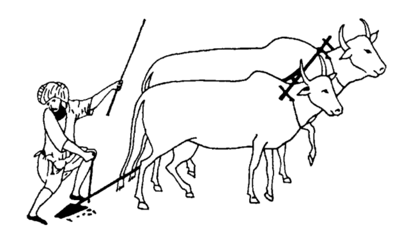
شكل 16. ـــ رفش مع سند للقدم. (عن م. دوما).

بالنسبة للأدوات الزراعية كما بالنسبة للأساليب لم نذكر أيّ تحوّل ملحوظ (شكل 16). حتّى أنّه يبدو أن الاختلافات بين المناطق بقيت نفسها، هكذا مثلاً بالنسبة للمحراث الأسناني المعتمد في بلاد فارس بينما كانت مصر ما تزال على المحراث ذي القبضة ـ المزحف (شكل 17).

الظاهرة نفسها نجدها في مجال استثمار الثروات الباطنية. ففي مصر، كما في الشرق الأدنى وفي إسبانيا اكتفى العرب بإعادة تحريك المناجم القديمة بنفس الطرق التي كانت معتمدة سابقاً (شكل 18). ويبدو هذا واضحاً في مناجم الرصاص جنوبي إسبانيا وفي مناجم الزئبق في المدين إلى الشمال قليلاً في نفس البلد. ولا شكّ في أنّ العرب افتقروا إلى الحديد من حيث انعدام المحروقات وندرة الطبقات الطبيعية. لقد أظهر المؤرّخ م. لومبار M.Lombard كم كان العالم العربي والإسلامي معتمداً، بالنسبة للخشب كما المعادن، على بلدان أوروبا الغربية، وكان العرب يقدّمون بالمقابل التوابل والذهب.

تربية الماشية عرفت بعض التغيّرات. نذكر أوّلاً التطوّر الخارق في تربية الجواد. لقد كانت آسيا الصغرى لمدّة طويلة الخزّان الفروسي لكلّ الحوض الشرقي للبحر المتوسّط، ويُقال أن سلالة الساسنيين الفارسية (من 226 إلى 632) هي التي مارست أفضل انتخاب للجياد. وهناك وجد العرب الخيول التي سمّيت فيما بعد «بالخيول العربية»، والتي لم

يكونوا على علم بها حتّى ذاك الحين وأيضاً التي استخدموها فيما بعد على نطاق واسع جدّاً. وقد صادف الصليبيون، مع خيالتهم الثقيلة، الكثير من المصاعب أمام ' خيول العربية المتحرّكة والسريعة جدّاً. كذلك امتلك العرب ووجدوا في بعض المنٰاطق المفتوحة حيواناً آخر ذا قيمة كبيرة هو الجمل، وقد استخدموه كثيراً أيضاً: ونعرف مزايا هذا الحيوان، صبره وتحرّكه. في عدد كبير من المناطق الخاضعة للإسلام لم تكن العربة مستعملة (أراض موحلة في الوديان الكبيرة ورمل في الصحراء)، إذن أصبح الجمل وسيلة النقل تقريباً الوحيدة، ممّا استبعد إقامة شبكة طرقات شاسعة. وقد طوّر العراب أعراقاً من الجمال تتكيّف تماماً مع العمل الذي كان يُطلب منها: لقد اشتهرت مقاطعة عُمان، في جنوبي شبه الجزيرة العربية، بناقاتها المعدّة للسباق. إذا كان العرب قد اكتشفوا في بلاد فارس الجواد الذي حمل اسمهم، فقد قاموا بالمقابل بمجهود كبير من أجل تحسين أعراق الإبل. لقد قيل أنّه بين العامين 400 و 1300 كان الشرق يعتمد كثيراً على الجمل الذي تسبّب نوعاً ما باختفاء العربة.

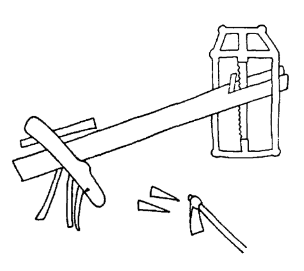


شكل 17. ــ محراث بسيط فارسي.
(عن م. دوما)

كان المطبخ الإيراني غنياً بعكس المأكولات العربية غير المتنوّعة، وقد بدأت شهرته منذ عهد الساسنيين. ويبدو أنّ سكّر القصب نشأ في العالم الإسلامي ومن هناك انتقل إلى الغرب وكذلك إلى الشرق الأقصى. سوف نتكلّم لاحقاً عن الاستثمارات الكبيرة، المدروسة حديثاً، في المغرب.

شكل 18. ــ عامل منجم ومنكشه ذو الرأس. (عن م. دوما).

لقد قدّمت الصناعة الحرفية الإسلامية دوماً على أنّها نجاح استثنائي، إلاّ أنّه ينبغي لإشارة إلى أنّ العرب وجدوا، عند الشعوب التي حكموها، صناعات متطوّرة جدّاً آنذاك: ذكر مثلاً الأنسجة المصرية. كذلك تجدر الإشارة إلى أنّ عدداً من الحرفيين الذين متدحت أعمالهم كانوا ينتمون بالضبط إلى هذه الشعوب. أمّا الصناعة عند البدو الرحّل فقد كانت دائماً بدائية نسبياً. لا يبدو أنّ جهاز الأدوات تحسّن كثيراً عمّا كان عليه في نهاية الفترة القديمة (شكل 19)، وقد قيل أنّ هذا الجهاز نزع إلى الصغر بالنسبة لبعض المهن. قلّما كان لدى البدو قطع أثاث ولم يستعملوها فعلاً إلاّ عندما تضاعف عدد القصور. الصناعة النسيجية، التي ازدهرت في مصر الفترة الهلّينية، أعطت المجد لبلاد فارس القديمة ولسوريا البيزنطية. وكان سيدونيوس أبوليناريس Sidoine Apollinaire يطري مذ ذاك على السجّاد الفارسي، وقد ظهر السجّاد المعقود منذ عهد الساسنيين. وفي بداية القرن السابع، أعرب الصيني هيوين ـ تسيانغ Hiuen-Tsiang عن دهشته أمام مهارة الحرفيين الفرس الذين كانوا يعرفون نسج بروكار دقيق من الحرير، وأقمشة من الصوف وسجّاد.



شكل 19. ــ منشار ذو إطار موروث عن العالم الروماني.

(عن م. دوما)

إنّ من علّم العرب فنّ صناعة الورق كان صينياً وقع عام 751 أسيراً في معركة تالاس، وقد كان هذا الانتقال التقني مهمّاً من حيث أنّ البردى أصبح نادراً وثميناً. أقيم المصنع الأوّل في بغداد عام 795 وانطلاقاً من القرن العاشر تقدّم الورق نهائياً على البردى. ويذكر، في فاس في القرن الثاني عشر، «مئات» الطواحين الورقية، لا شك في أنّها كانت طواحين ذراعية.

لا داعي للتذكير بأنّ العرب مارسوا الصناعة الخزفية منذ وقت طويل، ففي أنحاء

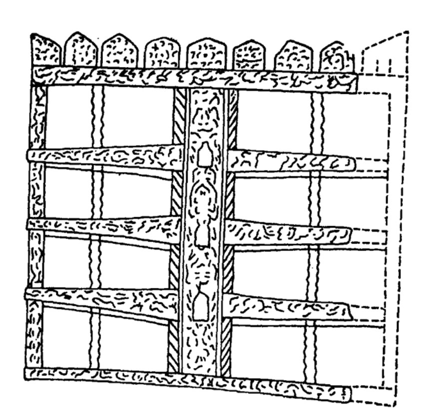
العالم الإسلامي كانت تصنع أرقّ الخزفيات، وقد قيل أنّ خزفيات فارس، بلاد ما بين النهرين، مصر وسوريا كانت تتنافس مع الخزف المزخرف المصنوع في تونس أو في قرطبة. وأصبح بلاط مالاغا Málaga البلاط الاسباني المزخرف المعروف azulejos. ونذكر بشكل خاص الخزفيات المطلية بالمواد المعدنية. والمقالة الوحيدة التي نملكها عن الصناعة الخزفية كتبها عند نهاية القرن الثالث عشر شخص فارسي، كان مدير مصنع في كاشان؛ لقد تميّزت هذه الصناعة بالتنوّع الكبير إن من ناحية تقنيات الصنع، الطلاء والطهو أو من ناحية الأشكال وطبيعة الزخارف.

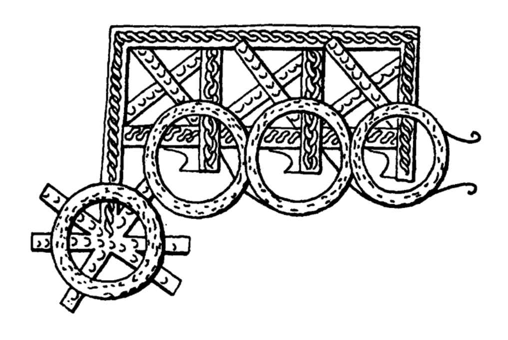
لقد استفاد الفنّ العربي العسكري من الابتكارات الغربية. من الدروع إلى الزرد، من السيوف إلى الحراب، كل العتاد الحربي كان شبيهاً بالضبط بالعتاد الغربي في نفس العصر. ويبدو أنّ العرب عرفوا القذّافة متأخّراً، نحو القرن التاسع (شكل 20 و 21).

فيما يتعلّق بعتاد الحصار، اقتُبست العناصر الأولى عن فارس الساسنية. رغم ما قيل بعض الأحيان لا يبدو أنّ العرب كانوا متقدّمين في مجال استعمال المدفعية ذات الثقالات، التي عرفها الغرب منذ القرن التاسع. في بعض العصور بنى العرب هذه الآلات واستخدموها بصورة أفضل، وهذا ما قد يفسّر استغراب المؤرّخ جوانفيل Joinville (شكل 22).

فرضت المساحة الجغرافية على العرب وعلى المسلمين بشكل عام مشاكل صعبة شبيهة بالتي عرفها الرومان، حتّى أنّ بعض الحلول كانت نفسها. أولى هذه المشكلات كانت حركة المواصلات، ولقد قلنا أنّ الطريق اقتصرت على حدّها الأدنى بسبب استخدام جمال الرحل بشكل مكثّف. ولا يبدو أنّ الأعمال الفنّية كانت عديدة، لقد اكتشف العرب في بعض البلدان، مثل أفريقيا الشمالية واسبانيا، ما خلّفه الرومان من أعمال. ووجب انتظار القرن الخامس عشر كي نجد إنشاءات جسور حجرية في أوروبا التركية.

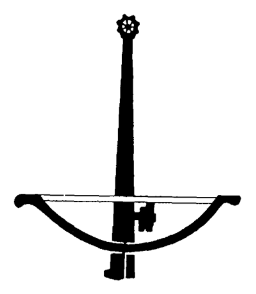
الملاحة النهرية على الأنهار الكبيرة كالنيل والفرات بقيت تقريباً على نفس ما كانت عليه في العصر القديم (شكل 23). في البداية لم يكن العرب ملاّحين كباراً ولم يملكوا، من أجل الذهاب في البحر، سوى قوارب عادية ذات جسور. في البحر الأحمر، على ساحل عُمان، كانت تُستعمل سفن الخشب المدروز بينما في سوريا كانت الألواح تتّصل ببعضها بواسطة مسامير. كان الخشب في هذه السفن المدروزة خشب جوز الهند الذي كانت تُنسج أليافه وتصنع منه الصواري، والذي كانت أوراقه تنتج الأشرعة والحبال (شكل 24). يقول ر. لوبيز R.Lopez أن الشراع المسمّى لاتينياً يعود إلى العرب. أمّا بالنسبة لحاملة





شكل 20. ــ برج القذافة (أعلى) وقذافة مثلثة (أسفل).

(عن م. دوما)



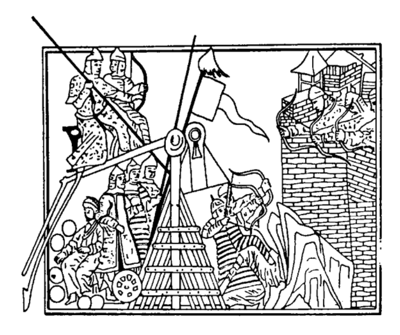
شكل 21. ــ قذأفة ترمي زجاجات النفط.

(عن م. دوما)

السكّان فهناك مصغّرة فارسية من مدرسة بغداد تعطي صورة عنها في العام 1237 بينما يبدو أنّها كانت معروفة سابقاً في بحار أوروبا الشمالية.

المعروف أنّ الحياة الدينية في الإسلام كانت تتطلّب وجود المدينة، وبالفعل كانت المنشآت المدينية عديدة في البلدان المفتوحة: وقد أحصي منها عشرون. هنا أيضاً نلمس اقتباسات عن الحضارات السابقة، لقد كانت تصاميم المدن العربية أو الإسلامية تصاميم منتظمة، كالتصاميم التي عرفتها سابقاً اليونان وروما. وكما في العهد القديم تلتفّ هذه المدن الجديدة حول أمكنة العبادة المجاورة بشكل عام للأسواق. كان هناك أيضاً مدن ذات طابع عسكري، أي مراكز عسكرية أو مراكز إدارية للأراضي المحتلّة. وكان يحيط غالباً بهذه المدن قلاع، بقي منها بعض الآثار الرائعة في غرناطة كما في القاهرة، كذلك كانت تحيط بها الأسوار. في هذه العمارة العسكرية التي لم يكن يعرفها الرحّل ولكن التي فرضها الفتح، ليس هناك ما يظهر اختلافات كبيرة مع ما نراه في الغرب الأوروبي. تعود قلعة القاهرة إلى القرن الحادي عشر وفقط انطلاقاً من ذلك التاريخ بدأت إقامة أبنية من هذا النوع في كلّ مكان تقريباً.

بقيت صناعة البناء تستعمل التقنيات المحلّية: الآجر أو الحجر تبعاً للأمكنة. يُقال أنّ مسجد إبن طولون، في القاهرة، الذي يعود إلى القرن التاسع بناه شخص مسيحي كلّياً من الآجر. بالنسبة للمنشآت العسكرية غالباً ما استخدمت في بلاد ما بين النهرين، في فارس وفي مصر حجارة الآثار القديمة.



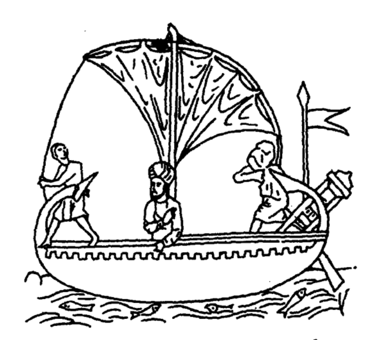
شكل 22. منجنيف

(عن م. دوما)

لقد كان العالم الإسلامي واعياً جداً إلى أهمّية العلوم المائية (الهيدروليكا)، وقد استفاد من المنشآت التي كانت موجودة أينما كان تقريباً قبل فتحه. كان الريّ في البلدان نصف القاحلة ضرورة قديمة. إذن وجد العرب في الأراضي التي فتحوها تقنيات متطورّة مسبقاً، متكيفة تماماً مع المعطيات الهيدرولوجية في مختلف المناطق. حتّى أنّهٔ كان بمتناولهم كلّ التنظيم الاقتصادي، الاجتماعي، القضائي والسياسي الذي يستوجبه بالضرورة هذا النوع من الأعمال واستخدامها، وقد عرفوا بعض الأحيان أن ينهّجوا وينشروا عبر امبراطوريتهم مجهوداً كان لا يُستهان به قبلهم.

في إيران اكتشف العرب استخدام المستويات المائية الباطنية، المزوّدة بواسطة تسرّبات، كثيرة في مناطق الحصى والركام، وبواسطة السراديب المصرّفة وتُدعى قنوات. وقد أظهر المهندس هـ. غوبلوه H.Goblot، وهو المؤلّف الأجدر في هذا المجال، أنّ هذه التقنية، التي اقتصرت نسبياً على إيران وجيرانها ثمّ امتدّت، قبل الإسلام، إلى ضفاف المتوسّط وشبه الجزيرة العربية، عرفت بالتالي انتشاراً ملحوظاً في أفريقيا الشمالية، صقلّية وإسبانيا. ولكن ربّما يكون الرومان هم من أدخلها إلى أفريقيا الشمالية بعد إجراء عدد من التحسينات.

كانت السدود طريقة ثانية في الريّ، وغالباً ما كانت مجرّد مآخذ للماء من الأنهار الكبيرة. لا شكّ في أنّ الرومان كانوا يعرفون السدود ـ الأثقال، كما يبدو أيضاً أنّ السدّ ـ العقد نشأ في غلانوم Glanum في بلاد الغال الرومانية، خلال القرن الثاني أو الثالث. يبلغ ارتفاع سد كبار في إيران، وهو على الأرجح من القرن الرابع عشر، ستة وعشرين متراً، أمّا



شكل 23. ـــ سفينة على الفرات. (عن م. دوما)



شكل 24. ـــ زورق شراعي. (عن م. دوما)

سد ساقي Sâveh فيعود إلى القرن الثالث عشر. وفي كبار، ينخفض المخرج نحو سافلة النهر عن القمّة الأصلية بنحو ستّة أمتار، وبنحو عشرة أمتار بعد الارتفاع، ممّا يؤمّن قسماً كبيراً مفيداً، أمّا الرأس فكان يُستخدم، على كامل طوله، كمصرف في حال الفيضان. ويقال أنّ الساسنيين كانوا قد أقاموا سدوداً ـ عقداً في عدن.

لقد تمّ في العصر الروماني القديم تصوّر النواعير norias وهي لفظة عربية الغريب أنّها تدلّ على آلة رومانية الطابع، وكانت هذه الآلات تتحرّك بواسطة مدارات. هل تُعتبر العجلات الرافعة اختراعاً عربياً؟ في الحقيقة يصعب القول. إنّ أقدمها هي نواعير حماه، القائمة على نهر العاصي، وتعود إلى القرنين الثامن والتاسع. أمّا عجلات طليطلة Toledo، وهي الأقدم في أوروبا، فقد ذكرها المأمون عام 1403. لا يتّفق المؤرّخون حول دور العرب في نقل هذه التقنيات وتوزيعها وتحسينها.

عرّفتنا اكتشافات م. بيرتييه M.Bertier الحديثة في المغرب على منشآت ممتازة من أجل ريّ الأراضي المزروعة بقصب السكّر ومن أجل تحريك الطواحين الساحقة، إلاّ أنّه يصعب تحديد التواريخ: ربّما كانت تعود إلى القرن الثالث عشر. لا يبدو أنّنا شاهدنا مثل هذه المنشآت في أماكن أخرى، حتّى في مناطق كانت زراعة قصب السكّر معروفة فيها منذ وقت طويل، مثل مصر.

بالإجمال ما تزال حضارة العالم الإسلامي التقنية تطرح العديد من التساؤلات. كما بالنسبة للصين، ينبغي وضع جردة دقيقة وتأريخ دقيق ما نزال نفتقر إليهما. هناك الكثير من القصص التي تتكلّم عن اختراعات أو توزيع للاختراعات يعود إلى العرب بصورة أساسية. لكن بعض القطاعات الجغرافية تجدر دراستها بشكل أفضل، فإسبانيا كانت موضوع مؤلّفات كاملة نوعاً ما وأصبح الآن من الضروري توجيه الجهد نحو بلاد فارس وخاصّة في ظلّ العهد الساسني. عند كلّ خطوة، بالنسبة للأنسجة، للخزف، لركاب الفارس، للسدود ولطواحين الهواء أفقية الأذرع، نجد أمثلة قديمة عن تقنيات متطوّرة في تلك المناطق. وقد تعرّفنا إلى صور العالم التقني الإسلامي عبر المصغّرات الفارسية العائدة إلى القرنين الثاني عشر والثالث عشر. هل كانت إيران مركزاً مهمّاً للتجديدات التقنية؟ هل كانت مركز تبادل بين الغرب والشرق؟ إن السؤال يبقى على ما هو، منتظراً الإجابة عنه.

لنضع العرب جانباً، فهم لم يملكوا نظاماً تقنياً حقيقياً، بل بالأحرى إنّ التقنيات التي كانت عندهم أصلاً، وهي تقنيات شعب رحّل، قلّما تطوّرت فيما بعد. إذن كانوا يستفيدون من تقدّم الشعوب المحكومة ولكن بقوا عند حدود هذا الاكتساب دون أن يعمدوا إلى إثرائه

بشكل ملحوظ. ومن حيث أنّهم كانوا نقطة احتكاك بين حضارات عديدة، نقول أنّهم لم يلعبوا سوى دور بسيط في عمليّة التوزيع.

بالمقابل كان الصينيون والأمريكيون الجنوبيون قد بنوا أنظمة تقنية، متقدّمة بالنسبة للصينيين، ومحدودة نسبياً لدى الأمريكيين. ثمّ توقّفت التطوّرات على حين غرّة؛ ولا يبدو أنّه يجب توجيه الاتّهام إلى الانعزال، الذي لم يكن من جهة أخرى كلّياً بالنسبة للصين، فالتطوّر الأوروبي في مجال التقنيات حصل دون الاقتباسات من الخارج. هل الأمر عبارة عن توقّف في التقدّم العلمي؟ دون شك، جزئياً: حيث أنّ المعرفة العلمية، وإن لم تكن ذات فائدة مباشرة على التقنية، فهي تلعب دوراً محرّكاً مهمّاً. قد نلتقي هنا ببعض الشبه مع ما حصل في اليونان خلال العصر الهلّيني. انعدام الكتابة في أمريكا وصعوبة نظام الكتابة في الصين كانا دون شكّ من الأسباب المهمّة.

هناك أيضاً نقطة أخرى مهمّة مشتركة بين هاتين الحضارتين هي تصلّب البنيات الاجتماعية، إذ في هذا الأمر يتعيّن أن نرى واحداً من الأسباب الأهمّ للركود التقني.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

حول الصين

يجدر الرجوع إلى العمل الضخم:

ج. نيدهام ووانغ لينغ، «Science and Civilisation in China»، 7 مجلّدات، كامبردج، 1954-1967.

ج. نيدهام، «La Science chinoise et l'Occident»، باريس، 1973.

حول العالم الإسلامي

ليفي - بروفانسال، E.Lévi-Provençal، «Histoire de l'Espagne musulmane»، باريس، 1950-1953.

ج. ماركي G.Marcais، «Manuel d'archéologie musulmane»، مجلّدان، باريس، 1927.

ج. ميجون G.Migeon، «Manuel d'art musulman»، الفنون التشكيلية والصناعية، مجلدان، باريس، 1927.

ج. ود. سورديل Sourdel، «La Civilisation de l'Islam classique»، باريس، 1968.

ودراسات في التفاصيل:

ل. بولنز «Les Méthodes culturales au Moyen Age d'après les Traités d'agronomie andalous» جنيف، 1974.

ك. كاهن Cl. Cahen، «Un traité d'armurerie composé pour Saladin»، ضمن «Bull. Ét. Orientales» (نشرة الدراسات الشرقية)، XII، ص 103-163.

ك. كاهن، «Notes pour une histoire de l'agriculture dans les pays musulmans médiévaux»، ضمن «J.E.S.H.O», XIV, 1971، ص. 63-68.

ك. كاهن، «le Service del'irrigation en Iraq au début du XIe siècle»، ضمن «Bull. Ét. Orientales», XIII, 1949-1951، ص 117-143.

أو س. كولين «La Noria marocaine et les machines hydrauliques dans le

«monde arabe»، ضمن «Hesperis»، XIV,1932.

أو س. كولين، «l'Origine des norias de Fès»، ضمن «Hespris », XV, 1932-1933 .

هـ. غوبلوه، «Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire»، ضمن «Annales, E.S.C.» XVIII, 1963، ص. 499-520.

هـ. غوبلوه، «Sur quelques barrages anciens et la genèse des barrages voûtes»، في «مجلّة تاريخ العلوم»، XX,1967 ص. 109-140.

ج. سولينياك J. Solignac «Recherches sur les installations hydrauliques de Kairouan et des steppes tunisiennes du VIII au XI siècle» X, 1952, «Ann. Inst. Ét. Orientales» ص 5-273.

حول أمريكا ما قبل كولومبس

ل. بودان L. Baudin, «La Vie quotidienne au temps des derniers Incas»، باريس، 1955.

ج. سوستيل J. Soustelle, «La Vie quotidienne des Aztèques»، باريس، 1955.

أ. طومسون E.J. Thompson, «La Civilisation aztèque»، باريس، 1934.

الفصل السادس

القرون الوسطى

على خلاف رأيٍ كان واسع الانتشار لفترة طويلة، أصبحنا نعرف اليوم أن فترة القرون الوسطى شهدت نشاطاً تقنياً مكثّفاً بدأ يتّضح أكثر فأكثر. مع ذلك ما يزال من المستحسن إجراء أبحاث منهجية، في العديد من المجالات، من أجل إعطاء رؤية صحيحة ودقيقة عن الحركة التقنية في تلك الفترة: فهناك حالات نسيء فيها تقدير مدى مساهمتها وتسلسلها الزمني. هناك بعض المحاولات تبدو مهمّة ولكن عرضة للنقاش.

لقد لاحظنا مراراً أنّ وضع التأريخ الزمني يجب أن يكون الخطوة الأولى: يتعيّن حتماً إدراج التقنية مع سائر النشاطات البشرية وأن لا نعزل قطّ بين التفاعلات المتبادلة. وبما أنّ تقطيعات الزمن، جزئياً على الأقلّ، هي عبارة عن اصطلاحات، لنحاول أن نحدّد موقع القرون الوسطى: سوف نعتبرها الفترة الممتدّة من منتصف القرن الثاني عشر حتّى السنوات الأولى من القرن الرابع عشر. لقد تميّزت بدايتها بانطلاقة نامية وواضحة بينما نلاحظ في النهاية عوارض أزمة وانحطاط. في البداية عناصر جديدة وابتكارات وفي النهاية اضطرابات وحروب.

لا شكّ في أنّ القرن الثاني عشر قلّما دُرس من ناحية جديدة بالنسبة للعصور التي سبقته، إلاّ أنّنا نركّز اليوم على نموّ بشري ديموغرافي حيوي، على استصلاحات للأراضي تكاثرت وعلى إقطاعية أصبحت منظّمة آنذاك. نشطت التبادلات وفتحت الحروب الصليبية أبواب الشرق وآسيا، وبدأت ترتسم مذ ذاك حركات عميقة لم تتوقّف أهمّيتها عن النموّ: لقد كانت نتيجة طبيعية للانطلاقة السكّانية ولامتزاج وتحرّكات الشعوب.

خلال النصف الثاني من القرن الثاني عشر وطيلة القرن الثالث عشر، بقي التطوّر ثابتاً: انطلاق الأسواق، التطوّر المدني، إعادة ضرب الذهب، المنشآت الكبيرة، توطّد الأنظمة الملكية الإقطاعية، كلّها أمور تثبت أنّ النمو طال جميع ميادين الحياة. يستحيل بالطبع أن

نعطي أرقاماً، أن نقيس هذه الانطلاقة للغرب خلال تلك الفترة، لكنّنا نعتقد أنّ تجميع عدد معيّن من المعطيات قد يكون كافياً للوصول إلى أخذ انطباع واضح عن الظاهرة.

عند نهاية القرن الثالث عشر وبداية الرابع عشر ظهر بعض التوتّر: العملات، الاقتصاد، الوضعيات المكتسبة أصبحت مهزوزة وسريعة العطب، ولم تجر المحاولة فعلاً وبدقّة لاستبيان الأسباب الحقيقية الكامنة خلف أزمات القرن الرابع عشر الكبيرة. كان الملك فيليب لو بل Philippe le Bel أوّل من حاول تغيير العملات، ثمّ ظهرت مواسم رديئة ومجاعات في العقود الأولى من القرن الرابع عشر وكذلك اضطرابات اجتماعية أينما كان، وعرف الغرب الانهيارات المالية الكبيرة، والأوبئة الخطيرة، والحروب اللامتناهية.

تبدو اليوم هذه الصورة مسلّماً بها. على مدّة قرن ونصف من الزمن عرف الغرب الأوروبي نموّاً حقيقياً، وكان لا بدّ لهذا النموّ أن يحدث بعض التوتّرات، حيث أنّ تكيّف البنيات جرى بشكل أبطأ بكثير. أليس من المنطقي التفكير، في ظلّ حركة واسعة كهذه، بدور مهمّ لعبته التقنيات، وبحصّة لها في عمليّات الإقلاع، وأيضاً في التوتّرات النهائية؟ لقد قال البعض بهذا الأمر وأكّده إلاّ أنّ هذا الاقتناع لم يصبح عامّاً بعد. من حيث أنّ النظام التقني والتطوّر الاقتصادي يرتبطان بشكل وثيق، ينبغي أن نشير، نحو منتصف القرن الثاني عشر، إن لم يكن إلى ثورة تقنية كلّية فعلى الأقلّ إلى مجموعة من التجديدات التقنية أو بشكل أوضح من الابتكارات التقنية المهمّة. في الواقع، حتّى لو كانت بعض الاكتشافات سابقة فقد تشكّلت ذاك العصر مجموعة منسجمة من التقنيات المتطوّرة. كذلك كان تواصل النمو الاقتصادي مدعوماً بديناميكية تقنية ملحوظة، وهذا ما نسمّيه اليوم تقدّماً. أخيراً قد يكون بالإمكان أن نكتشف، عند نهاية هذه الفترة أي عند نهاية القرن الثالث عشر وبداية القرن الرابع عشر، نوعاً من هبوط في التجديد والابتكار. ربّما نكون قدّمنا بهذه الطريقة نموذجاً عن دراسة نشأة وتطوّر النظام التقني في القرون الوسطى.

محيط التطوّر التقني

لقد سبق أن ذكرنا أنّه يجب إدراج التقنية في آن واحد ضمن تاريخ الفكر البشري وضمن مجموعة من المعطيات المادّية. إذن من أجل فهمها أكثر يبدو من الضروري أن نحدّد محيطها: ذهنية سائدة وشروط فيزيائية معيّنة، أي باختصار ما يقع أعلى من التقنية هو بشكل عام معروف أقلّ من التطوّر الاقتصادي الواقع على مستوى أسفل.

لطالما حكي عن تصوّف في القرون الوسطى، عن روح تأمّلية رافقها احتقار للعمل قد يكون امتداداً لموقف قديم مع دوافع مختلفة قليلاً. ونلتقي هنا بنفس

مصاعب الفترة القديمة: لا شكّ في أنّه لنفس الأسباب لم يتمّ حلّ المشكلة. إنّ التقنية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالفكرة التي تؤخذ عن العمل، ولكن تنقص بهذا الصدد الدراسات الجدّية المجرّدة من الانحياز أو من الأحكام المسبقة. لقد أظهر م. دي غانديلاك M. de Gandillac في أحد مقالاته القيمة التي كان يعلّقها بعض رجال الدين، في القرن الثالث عشر، على «الفنون الميكانيكية»، وقد استند إلى لولي Lulle لأسباب تربوية واقتصادية في الوقت نفسه، حيث أنّ هذا الأخير، في الواقع، يردّ الاعتبار إلى العمل «دون الرجوع إلى لاهوتية (شبه مجهولة في القرون الوسطى) تقدّم مثل يسوع نجّاراً، أو بولس صانعاً للخيم، من أجل تمجيد هذا التحوّل الذي تصبح بموجبه المادّة الخام، وعبر تقنية متطوّرة، عملاً بشرياً محضاً». يتّسع المجال أيضاً لذكر متصوّفي الراين، أمثال إيكارت Eckart وتاولر Tauler، الذين انتقدوا بعد نصف قرن من الزمان المبالغة في التصلّب الرهباني ولكن دون مدح ثمار العمل المادّية. أن يكون في الأمر إخلاص لتصنيف أنماط الحياة التقليدي الذي حدّده أرسطو، وكان يضع العمل التقني تحت أعمال أخرى، هو شيء واضح، ولكن كما فعلنا بالنسبة للعصر القديم ينبغي أيضاً أن نقيس بالضبط مدى صحّة هذه الفكرة، وأن لا نعطيها بأيّ شكل صفة الشمولية. إنّ محاباة الأمراء «للمهندسين» والميكانيكيين، لدوافع مختلفة وعديدة، والاهتمام الذي أبدته بعض المدن بالتقدّم التقني وبحماية أسرار الصنع، وكلّ عملية وضع أنظمة تقنية هي دلائل تنفي اتّهامات للذهنية السائدة ذُكرت مراراً. نحن بصدد تاريخ للأفكار بالطبع ولكن على شرط أن نميّز بين تاريخ الأفكار الاستثنائية الخاصّة وتاريخ الأفكار المتداولة. يبقى أن نتناول التاريخ الثاني.

لنمرّ على شكوك عالم الأخلاق وعالم اللاهوت، فإلى جانبهما هناك العلماء والمتمرّسين الذين يلتزمون بالحياة المادّية بأيّ صفة كانت. حتّى قبل ڤنسان دي بوڤي Vincent de Beauvais، وهو متصوّف أصيل، يُظهر هوغ دي سان ڤيكتور Hugues de Saint-Victor ذهنية مميّزة جدّاً؛ إنّ كتابه «Le Didascalicon» يقترح تعليم ما يجب قراءته وبأيّ ترتيب ينبغي أن نقرأ، وكيف نعلّق. وهو يرى أنّ هناك فقط أربعة علوم أساسية، تحتوي على العلوم الأخرى: النظرية، وهي التبصّر بالحقيقة، التطبيق وهو انتظام العادات، الميكانيك الذي يعفي من الأعمال الضرورية للحياة الدنيا، وأخيراً المنطق الذي يعلّم كيفية التكلّم والمناقشة بدقّة. وتنقسم النظرية بدورها إلى علم اللاهوت، والرياضيات وفيزياء كانت ما تزال غير مكتملة. أمّا الميكانيك فيتضمّن: 1) الملابس؛ 2) التسلّح؛ 3) الملاحة؛ 4) الزراعة؛ 5) الصيد؛ 6) الطبّ؛ 7) تنظيم الألعاب.

هذه هي، ببضع كلمات، النواحي المختلفة للحياة المادية، لكنّ العلوم الميكانيكية لم تكن علوماً إلاّ ضمن حدود معيّنة. الهندسة الزراعية كانت تُعتبر علماً بينما الزراعة كانت عمل القروي أو المزارع.

هذه النصوص هي مهمّة على أكثر من صعيد، ونشير باختصار إلى هذا التصنيف الجديد للمعارف، ومن ضمنها التقنية، ممّا يؤدّي إلى وجود التكنولوجيا وإن كانت ما تزال جزئية.

في نفس العصر تقريباً، يزيد دومينغو غونديسالفو Domingo Gundisalvo إلى إحصاء العلوم عند الفارابي أفكاراً إضافية لها نفس روح أفكار هوغ دي سان فيكتور، حيث يبدو كتابه «De scientiis» كدراسة فعلية في التوجيه المهني. إنّ ما نسمّيه اليوم علماً يشكّل ضمن تصنيف الفارابي الـ scientia doctrinalis: علم الحساب، الهندسة، البصريات، علم الأوزان (أي علم السكون وعلم القياسة)، وأخيراً علم الآلات أو التكنولوجيا. نشير إلى أنّ الحساب النظري، الذي عمّمه نيكوماخوس Nicomaque وبويثيوس Boëce، إذا وضعناه بالتوازي مع الحساب الذي تعلّمه مقالات العدادة والخوارزميات، فإنّه يجد العديد من التطبيقات العملية. كذلك بإمكان الهندسة أن تكون عملية أو نظرية، ويمارس الهندسة العملية مساحو الأراضي، النجّارون، الحدّادون أو البنّاؤون.

التجديد الكبير كان إدخال علم الآلات ضمن المعرفة الفكرية العامّة. «يعلّمنا علم الآلات وسيلة تصوّر وابتكار طريقة ضبط الأجسام الطبيعية عبر حيلة مناسبة، تتطابق مع حساب عددي معيّن بشكل يجعلنا نخلص إلى الاستعمال الذي نريده منها». إنّنا نرى كم يذهب بعيداً هذا الاندماج للتقنية، بالمعنى الواسع للكلمة، ضمن المعرفة التعليمية، ونشعر بجملة ليوناردو دافينشي الشهيرة، «الميكانيك هو نعيم الرياضيات»، عند طرف طريقها.

نفس الأفكار نجدها عند فنسان دي بوفي خلال القرن الثالث عشر. لقد فصّل الهندسة المعمارية تفصيلاً وطلب منها أن تلمّ بمعلومات كثيرة، خاصّة في علم الهندسة، في علم الحساب من أجل الكشف، في الموسيقى من أجل السمعيات، وفي الفلك من أجل الساعات الشمسية.

كذلك في العام 1296 استعرض ريمون لولّي Raymond Lulle مختلف العلوم في كتابه «Arbor scientiae»، حيث يذكر على التوالي إلى جانب الرياضيات: الصناعة المعدنية، العمارة، الملابس، الزراعة، التجارة، الملاحة والفنّ العسكري. مثل أسلافه يركّز لولّي على ضرورة إلمام التقنيين بالمعارف النظرية. الميل إذن واضح إلى أبعد الحدود: أصبح يوجد تقنية تعليمية تتّصل عن قرب بالعلم النظري، وفي بعض الحالات التقنية هي

علم بحدّ ذاته والاستفادة منها، في جميع الحالات، تضمن احترامها.

فيما يتعدّى هذا الموقف المبدئي هناك أيضاً عناصر أخرى مهمّة. يؤكّد العلماء أنفسهم أن العلم والتقنية يرتبطان ببعضهما وإن كان التقنيون بحاجة إلى معرفة علمية، فالعلم أيضاً يحتاج إلى التقنية. كانت اهتمامات العلماء بالتقنيات جدّية فعلاً وفجرّت الإطار الجامد الذي عوّدتنا عليه كتبنا انطلاقاً من القرن الثالث عشر. إنّ كتاب Liber de ratione ponderis الذي وضعه جوردانوس نيموراريوس Jordanus Nemorarius، حتماً قبل عام 1200، يهتمّ بالحدرات وبالرافعات المكوعة ويضع عدداً من النظريات، بعضها غير صحيح، حيث نلمس، كما أظهر ج. بوجوان J. Beaujouan، اهتماماً أكيداً بعمل المهندس. الشيء نفسه، في القرن الثالث عشر، بالنسبة لكتاب Liber de motu الذي وضعه جيرار دي بروكسل Gérard de Bruxelles، أو، نحو العام 1276، بالنسبة لغليوم دي موبربيكي Guillaume de Moerbeke الذي ترجم أرخميدس آنذاك.

ويعطينا الفيلسوف روجر بايكون Roger Bacon وصفاً لبيير دي ماريكور Pierre de Maricourt، الذي يرى فيه صورة العالم النموذجي:

إنّه يعرف بواسطة الاختبار قوانين الطبيعة، الطبّ والخيمياء وكذلك أشياء السماء والدنيا (...) لقد عمّق في مهنة صهر المعادن، لقد تعلّم بنفسه كلّ ما يتعلّق بالحرب، بالأسلحة وبالصيد. تفحّص في كلّ ما يتّصل بالزراعة، بالمساحة وبأعمال المزارعين. حتّى أنّه اطّلع على أساليب الساحرات القديمات، على شعوذاتهن ورقياتهن وكلّ ما يطال السحر؛ وأيضاً على أوهام وحيل المتلاعبين المشعوذين (...) لكنّ هذا الرجل لم يقدّر حقّ قدره، لأنّه لو كان يريد البقاء بجوار الملوك والأمراء، لكان عرف بسهولة كيف يحصل على المكافآت والثروات.

إذن إذا كان العلم والتقنية، في العصر الذي يهمّنا هنا، على ارتباط وثيق ومختلف الأشكال، فالأمر لم يكن مختلفاً في مجال المبادرات، وتثبت لنا جملة بايكون الأخيرة هذا الأمر، إن كان بحاجة للإثبات. إنّ محاباة كبار الحكّام للعلماء تظهر جيّداً الاهتمام بالمسائل المادّية في حضارة وصفت ببعض المبالغة بتعلّقها بالمسائل الأخلاقية أو الدينية. وبالطبع كان هناك العديد من الأمرّاء الذين أكرموا مهندسين وتقنيين، خاصّة التقنيين العسكريين الذين ساهموا في تأمين مجدهم وقوّتهم. وكنّا نرى العديد من القصور تستقبل التقنيين بشرف كبير. روجيه الثاني Roger II الصقلّي دعا إلى بلاطه بعض الميكانيكيين العرب وتلته سلالة الهوهنستاوفن Hohenstaufen في هذا الميل، خاصة فريديريك الثاني Frédéric II. وفي القرن الثالث عشر كان ألفونس Alphonse الحكيم، في إسبانيا، يكنّ احتراماً وتقديراً للمهندسين الذين استفاد من مواهبهم.

وكما في العصر الحاضر كان يمكن إجراء نوع من التمييز، كان هناك تقنيات ذائعة الصيت وتقنيات أخرى أقلّ أهمّية. التقنيات العسكرية كانت دائماً في الطليعة: وكان في هذا سبب للتطوّر لا يُستهان به. نذكر أيضاً تلك التقنيات الرائعة المتعلّقة بالمسيّرات الأوتوماتيكية وبالأجهزة المسلّية التي اهتمّ بها بعض الأمراء. في كلتا الحالتين، كانت الاختراعات تضيف الجديد والمفيد إلى النظام التقني.

نلتفت من جهة أخرى إلى استمرارية قطاعات البحث التقني، وبهذا الصدد نسمح لأنفسنا بإقامة جسر بين عمل الميكانيكيين القدماء كما قدّمناه وأفكار نهضة جديدة لم تُقدّم إلاّ من خلال ليوناردودا فينشي. في كتابه «Epistola de secretis geribus»، كان روجر بايكون يتقدّم العالم الفلورنسي الكبير ويعطينا صورة مفصّلة عن اهتمامات عصره التقنية:

يمكن بالنسبة للملاحة إنجاز آلات دون جذّافين، بشكل يصبح معه باستطاعة رجل واحد أن يدير أكبر السفن النهرية أو البحرية وبسرعة أكبر ممّا لو كانت مملوءة بالرجال. يمكننا أيضاً صنع عربات تتنقّل دون حيوانات بسرعة لا تصدّق، وهكذا نتصوّر شكل العربات المزوّدة بالمناجل التي كان يُحارب بها القدماء. كذلك يمكننا صنع آلات طائرة حيث يجلس الرجل في وسط الآلة ويدير محرّكاً يشغّل أجنحة اصطناعية تصفق الهواء مثل طائر أثناء طيرانه. كذلك آلة صغيرة الأبعاد ترفع وتُنزل الأوزان الكبيرة وهي آلة ذات فائدة لا تضاهى في حالة الضرورة. يمكننا أيضاً أن ننجز آلة تجعل الإنسان يجذب نحوه آلاف الأشخاص الآخرين بالقوة ورغماً عن إرادتهم، وأن يجذب أيضاً أشياء أخرى بنفس الطريقة. من الممكن أيضاً صنع آلات تمشي في البحار والمجاري المائية، حتّى الأعماق، دون خطر؛ لأنّ الاسكندر الأكبر، كما يروي الفلكي إتيكوس Ethicus، استعمل آلة كهذه من أجل كشف أسرار البحر. لقد صُنعت هذه الآلات في العصر القديم، وصُنعت حتماً في وقتنا، ربّما باستثناء الآلة الطائرة التي لم أرها أبداً ولم أعرف أحداً رآها، لكنّني أعرف خبيراً وضع كيفية تنفيذها. ويمكننا أن ننجز أشياء من هذا النوع إلى أبعد الحدود، مثلاً جسور معلّقة فوق مجاري المياه دون حبال ولا أركان، وأواليات وآلات خارقة.

ألا يكمن هنا نوع من التقدّم التقني؟ ألا يكمن هنا الاعتقاد بأنّ كلّ خطوة مادّية كانت ممكنة التحقيق؟ بأيّ حال نحن بصدد برنامج كلّ بحث تقني رأيناه يتابع طريقه حتّى عصر النهضة، حتّى في رسالة ليوناردو دافينشي الشهيرة التي تبدو لنا نسخة مطابقة تقريباً.

كلّ هذا المجهود تُرجم طبعاً عبر أدب تقني ملحوظ وغزير، وهو يمثّل ناحيتين تعبّران عن مختلف مستويات هذا البحث التقني. من جهة هناك الدراسات، القليلة نسبياً، التي بامكانها أن تكون موضوع معرفة منظّمة. وإلى جانبها هناك كتب الوصفات والإرشادات، التي لا تمثّل سوى حلول لحالات خاصّة، نوع من عيّنة نجاحات في هذا الميدان أو ذاك.

البعض يمكن أن يتوجّه إلى جمهور عريض؛ والبعض الآخر قد لا يكون أكثر من مجموعة أعمال شخصية.

كانت الفئة الأولى تتضمّن أوّلاً ما وصل إلى القرون الوسطى الغربية من الأدب التقني القديم. كانت الكتابات الإغريقية ما تزال شبه مجهولة ولم تكن قد خرجت بعد من الشرق البيزنطي حيث كانت موجودة في القرن العاشر أيضاً. بعد ذلك لم تظهر، كما سنرى، إلاّ عند نهاية القرن الخامس عشر. أكثر من قرئ من ضمن المؤلّفين اللاتينيين كان ڤيجيس Végèce دون أيّ شكّ؛ منذ العالم 1151 كان كونت مقاطعة آنجو Anjou الفرنسية، جوفروا لوبل Geoffroi le Bel، يحاصر مونتروي - بيلاّي Montreuil-Bellay وكان رهبان مارموتييه Marmoutiers، الذين يأتون لرؤيته، يجدونه غارقاً في قراءة ڤيجيس. لقد وصل إلينا الكثير من مخطوطاته، من القرن الحادي عشر إلى الخامس عشر. ومهما قيل لم يُنس فيتروفيوس Vitruve أبداً ومكتباتنا تزخر بمخطوطات من مؤلّفه «De re architectura» انطلاقاً من القرن الحادي عشر. لا شكّ في أنّ علماء الزراعة اللاتينيين كانوا أقلّ تداولاً، حيث أنّ شروط الزراعة في القرون الوسطى كانت، أقلّه في قسم كبير من أوروبا الغربية، مختلفة عن شروط الزراعة المتوسّطية القديمة.

من ضمن كلّ التقنيات ربّما كانت الزراعة أصعبها للوضع في شكل تعليمي. إذ إنّ تنوّع الأراضي والأصناف، والعادات المتأصّلة جدّاً قد أخّرت حتماً ظهور تلك الدراسات الكبيرة التي تكاثرت بالمقابل انطلاقاً من القرن السادس عشر. من جهة أخرى عرفت قرطبة، خلال القرن العاشر، في آن واحد حدائق نباتية وأدباً تقنياً زراعياً اجتمعت فيه كتابات العلماء الزراعيين القدماء و «الزراعة النبطية»، وهو عمل ذو وحي عربي وفارسي. وتعدّدت الدراسات المنبثقة عن هذا التيار المزدوج منذ القرن الحادي عشر: لقد توزّعت في أنحاء العالم المسيحي عبرَ ترجمات لاتينية أو كاستيّانية. في المناطق الأكثر إلى الشمال سرعان ما ظهرت دراسات أخرى، متكيّفة أكثر، وكتب مرشدة عملية تقدّم لمستثمري الأراضي الكبيرة أفكاراً كانت تُعتبر ضرورية. وقد عرفت الأراضي الإنكليزية ـ النورماندية عدداً منها: دراسة الـ «Housebondrie» لوالتر دو هنلي Walter de Henley، ومؤلّفي غروستيستي Grosseteste، «كتاب سينشوزي Seneschausie»، والـ «Fleta»، وكلّها تعود إلى النصف الأوّل من القرن الثالث عشر. إنّ عدد المخطوطات يظهر لنا نجاحها. الشيء نفسه بالنسبة للدراسة وُجدت في فرنسا ونُشرت نحو منتصف القرن التاسع عشر: وهي تقدّم مثلاً جيّداً عن المشاكل التي تعترض الزراعة.

كلّ العلم الزراعي في القرون الوسطى وكلّ مذكّرات المؤلّفين اللاتينيين جُمعت في

مؤلّف «Ruralium commodorum opus» الذي وضعه الإيطالي بيير دو كريسّان Pierre de Crescent بين العامين 1304 و 1306، ويقع هذا العمل بين عمليّة التجميع وهي تقليد لاتيني ومحاولات أصلية جزئياً، أو نظرية مثل «De vegetalibus» لألبير الكبير، أو تطبيقية مثل الداسات الإنكليزية ـ النورماندية. وقد تُرجم هذا العمل إلى الفرنسية، ولكن بصورة رديئة، بناء لطلب شارل الخامس، عام 1373.

بالإضافة إلى الزراعة وضع الكثير من الدراسات التي تتعلّق بالحيوانات؛ كانت عن الجياد بشكل خاص فحازت على أهمّية عسكرية أكيدة. كُتبت دراسة روفّو Ruffo بين العامين 1250 و 1254 وكانت موضوع ترجمات عديدة، أمّا دراسة تيودوريكو بورغونيوني Teodorico Borgognoni وهو راهب من بولونيا Bologne دومينيكي، ثمّ كاهن سيرفيا Cervia فقد وُضعت قليلاً بعد العام 1266. يمكننا أيضاً ذكر بارتيليمي المسّيني وموزيس الباليرمي من النصف الثاني للقرن الثالث عشر، ودون فادريك، جيرالدو ولورنزو روسيو من بداية القرن الرابع عشر. ونذكر ضمن سياق هذه الأعمال دراسات الصيد، تربية الصقور التي كانت عديدة ومزيّنة بصور رائعة.

إلى جانب هذه الأعمال المنسجمة والمنهجية توجد مجموعات من الإرشادات والأساليب، والحيل التقنية، وكتب عن الآلات، متوزّعة في عدد كبير من الميادين. أوّل عمل من هذا النوع كان كتاب الراهب تيوفيل «Schedula diversarum artium» الذي كُتب في القرن الحادي عشر وتعدّدت عنه المخطوطات. لقد كان يحتوي بالإضافة إلى التقنيات الفنية، وكانت موضوعه الأساسي، على أفكار تقنية بحتة.

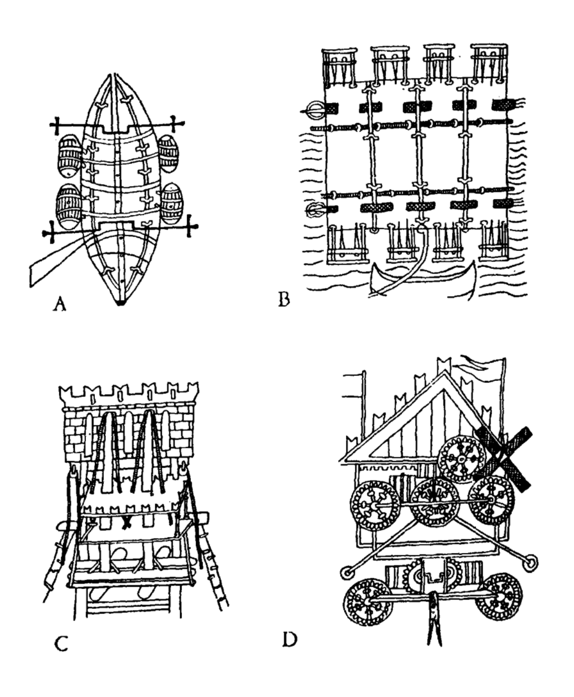
كذلك كثر عدد كتب الوصفات التقنية البحتة. في باريس وحدها وخلال فترة القرون الوسطى أمكن إحصاء خمسمائة منها، بعضها كان يتكرّر بالطبع. وتنوّعت المواد، من فنّ الطبخ إلى الطبّ، من الزراعة إلى الأصبغة، مروراً بصناعة المعادن، بالمجوهرات، بالخيمياء، بالمسيَّرات، إلخ... وبدت معالجة بعض التقنيات كاملة نوعاً ما: هكذا مثلاً بالنسبة للأصبغة، وللصناعة المعدنية أيضاً.

عن كتب الوصفات هذه انبثق نوعان آخران من الوثائق التي تتعلّق بصورة خاصّة أكثر بالهندسة المعمارية وبالميكانيك. النوع الأوّل هو ذو طابع شخصي نوعاً ما فهو عبارة عن كرّاسات تتضمّن ملاحظات دوّنها معماريّون ومهندسون من أجل عملهم الخاص: حيث يسجّلون كلّ ما يتعلّق بمهنتهم أو يلفت انتباههم. العمل الوحيد الذي حفظ من ذلك العصر هو ألبوم فيلار دي أونكور Villard de Honnecourt، ويعود إلى النصف الأوّل من القرن الثالث عشر. بالطبع لم يكن العمل الوحيد الذي عرف ازدهاراً كبيراً في عصر النهضة.

يمثّل النوع الثاني شكلاً متطوّراً أكثر من هذه الكرّاسات، إنّه عبارة عن مصنّفات للآلات مع رسومات وتفسيرات، مرتّبة حول مواضيع معيّنة كان الكثير منها من النوع العسكري. عام 1268، كتب المهندس أسّو Assaut يطلب مقابلة ألفونس بواتييه Alphonse de Poitiers الذي كان يستعدّ للحرب الصليبية، كي يعرض عليه مصنّف آلات. وكان هذا نفس وضع غي دو فيجيفانو Guy de Vigevano عندما كتب عام 1328 إلى فيليب السادس دراسة لم تكن سوى مصنّف آلات وضعها من أجل الحرب البعيدة: وما نزال نملك هذه المخطوطة. نحن هنا بصدد الأمثلة الأولى عمّا سيصبح اسمه، بعد قرنين من ذلك الحين، «مسارح الآلات» (شكل 1).

إذن كانت التقنية خلال القرون الوسطى، وعلى نطاق واسع، مادّة للتأمّل، على درجات متفاوتة من التنظيم ومن المنهجية تبعاً للميادين. بالطبع كان المظهر التكنولوجي ما يزال خفيفاً لكنّه لم يكن غائباً كلّياً، فقط كانت حصّة التجريبية هي الغالبة. هكذا أيضاً بالنسبة للوصفات التقنية التي تضمّنتها قوانين الاتّحادات، وهي في الحقيقة عبارة عن قيود أكثر منها أنظمة ووصفات، تتعلّق باستعمال المادّة هذه، أو اعتماد الطريقة تلك. ولا ننسى أبداً تلك الرغبة بنشر أفضل ما كان في مجال المعلومات التقنية ذلك العصر كي يصبح بمتناول الجميع.

كذلك لا يجب أن ننسى كلّ ذلك المحيط الفكري للتقنيات، فبسرعة ولأسباب مختلفة قد تكون عائدة إلى الثراء أو إلى السلطة رأينا السلطات العامّة، العلماء والفلاسفة منكبّين على مسألة التقنيات. ونلاحظ أنّ هذا الاهتمام ظهر نحو منتصف القرن الثاني عشر ولم يتوقّف عن النموّ حتّى نهاية القرن الثالث عشر وبداية الرابع عشر، آخذين بعين الاعتبار قلّة النصوص التي وصلت إلينا، لا سيّما النصوص القديمة الأولى. وهنا نلتقي بمصادفة تجدر الإشارة إليها، فباستثناء بعض الأمثلة النادرة لا نلمس أيّ أثر لاحتقار التقنيات الذي طالما حُكي عنه. هل يُستحسن القول، من أجل دعم هذه الفكرة، أنّه حتّى في بداية تلك الفترة كان الرهبان هم من بعث الصناعة الحديدية، وطوّر استعمال الطاقة المائية وابتكر طرقاً جديدة في البناء؟ الدليل الأكيد على هذا هو ظهور الرهبنة العاملة والانطلاقة التي أعطتها لبعض التقنيات. وبفضل هذه الذهنية الجديدة حيال التقنية أخذت التقنيات تتطوّر من جديد: من أجل تلبية اقتصاد على طريق الإقلاع ونموّ سكّاني متزايد تمّت في الوقت نفسه المحاولة لتجميع الاختراعات القديمة نوعاً ما مع التقاليد التقنية التي لا تعود إلى العصر القديم ووضع مجموعة التقنيات على مستوى يسمح بتشكيل نظام تقني جديد. يتعيّن قراءة بعض النصوص والاطّلاع على بعض الأحداث، فهذا قد يوضّح الكثير من الأمور.



شكل 1. ــ آلات غي دو فيجيفانو (نحو العام 1327).

أ، الغواصة؛ ب، الجسر الخشبي؛ ج، برج الهجوم متغيّر الارتفاع؛ د، عربة دافعة هوائية.

الإطار الطبيعي لا يقلّ أبداً أهمّية، فالغرب في القرون الوسطى لم يعد يملك مركز ثقله في منطقة البحر المتوسّط بل انتقل هذا المركز بصورة ملحوظة نحو الشمال. من حيث أنّ كلّ تقنية تتعلّق بالضرورة بالشروط الطبيعية، وفي العصور السابقة أكثر من أيّامنا هذه، كان لا بدّ من ظهور تقنيات جديدة أو تقنيات متكيّفة. سوف نرى أنّه إذا كان العصر القديم قد ابتكر بعض الطرق وبعض الآلات فإنّ الشروط الطبيعية في مجاله الجغرافي قد أعاقت أو منعت تطوّرها. نشير أخيراً إلى أنّه إلى جانب هذه المعطيات الطبيعية هناك معطيات ظرفية واضحة الأثر: ويأتي المناخ في طليعتها.

إذن لم يعد المحيط الطبيعي للقرون الوسطى الغربية نفس ما كان عليه بالنسبة للعصر القديم الكلاسيكي. بالطبع بقيت أطراف أوروبا المتوسّطية نفسها واستمرّت فيها من جهة أخرى تقنيات قلّما تطوّرت: تناوب الزراعة كلّ سنتين واستعمال المحراث البسيط، بقاء المصهر المنخفض وعناصر كثيرة أخرى. إذا انتقلنا قليلاً نحو الشمال تصبح الشروط مختلفة تماماً، فالتربة سميكة، ثقيلة وغنيّة وتتطّلب جهاز أدوات متكيّفاً معها، وكان المحراث الغالي، المختلف كثيراً عن المحراث البسيط الروماني، واسع الانتشار في وادي نهر البو Pô منذ عهد بليني Pline القديم. لقد اختلفت الأصناف الزراعية، حتّى أنّه اضطُرّ للحدّ من انتشار بعض النباتات الجنوبية، لا سيّما الكرمة، وبالمقابل أمكن زراعة نباتات لم تعرفها مناطق الجنوب بسبب مناخاتها الجافّة. الغابات قدّمت ثروات أكثر تنوّعاً؛ أكثر من العصر القديم كان غرب القرون الوسطى حضارة خشبية بحقّ. كانت تلك الغابات الشمالية تتجدّد بسهولة وتقدّم الوفير من الخشب بشكل لم تعرفه أبداً الحضارات القديمة: كان باستطاعة البورجوازي الباريسي خلال القرن الثالث عشر أن يستعمل مدخنة عريضة تعطي الدفء الكثير وتستهلك الخشب الكثير، بينما لم يكن الروماني في عهد قيصر يسمح لنفسه بأكثر من موقد جمر عادي. الشيء نفسه بالنسبة للمياه: السواقي والأنهار هي أكثر انتظاماً ولا تعرف فترات الجفاف مثل الأنهار المتوسّطية؛ وكانت النتيجة الفورية لهذا الأمر استعمال الطواحين المائية، التي عرفها أيضاً آخر العصر القديم. كذلك صادف أن كانت المعادن أكثر انتشاراً خاصّة ركاز الحديد الذي توجد طبقاته في مناطق متفرّقة في أنحاء أوروبا الشمالية. وروما لم تعرف طبقات معدنية حقيقية إلاّ بعد فتح إسبانيا وكانت تجلب حديدها من المناطق الألبية أو الشمالية أكثر، من مناطق كانت ما تزال بربرية، حتّى في عزّ انتشار الامبراطورية الرومانية: هناك اكتشافات في بولندا تُظهر أنّ الطبقات المعدنية الموجودة تقريباً عند منتصف الطريق بين وارسو وكراكوفيا Cracovie كانت تزوّد الرومان، ممّا أعطاها أهمّية كبيرة.

كذلك كان لا بدّ من حصول تغيير في التبادلات، ومن ينكر أهمّية التبادلات بالنسبة للانتاج. كانت المنطقة المتوسّطية القديمة تعيش على التجارة البحرية، بينما اضطرت أوروبا القرون الوسطى أن تعتمد على التجارة البرّية، وهي أصعب بكثير. كان يُسمح خلال العصر القديم بتركيز مناطق الزراعات القوتية لأنّ تنقّل الغلال كان سهلاً، وكان من الممكن إقامة معابد من المرمر لأنّه كان من الممكن، كما تظهر التنقيبات تحت البحرية، نقل الأعمدة الرخامية بواسطة السفن. إنّ صعوبة المواصلات تطلّبت من القرون الوسطى تشتّتاً كبيراً في مراكز الإنتاج، لهذا تمّت المحاولة لمد زراعة الكرمة إلى أعلى مناطق ممكنة، لهذا استثمرت أقلّ طبقة طبيعية حديدية، ولهذا عُمد إلى زراعة متشابهة وخفيفة وتكاثرت برك الأسماك واستعملت المواد المحلّية. فقط عند نهاية تلك الفترة استردّت التجارة البحرية بعض الحياة.

إلى جانب هذه المعطيات الطبيعية، الضرورية من أجل الحياة المادّية، هناك معطيات أخرى تتعلّق بظرف خاص. هنا أيضاً يمكننا ملاحظة تطابقات زمنية مدهشة. إنّ تاريخ المناخ الذي يتعيّن إدراجه يوماً ما ضمن تاريخنا العام، يُظهر نوعاً من الوحدة المميّزة بدفع جليدي. نلمس إذن انخفاضاً عامّاً في الحرارات يمتدّ من العام 1200، أو حتّى من العام 1150، إلى العام 1300 أو 1350 إذا أردنا اعتماد مخطّط لوروا لادوري Le Roy Ladurie. يبدو أنّ االمناخ في القرون الأربعة التي حكم خلالها الكارولنجيّون Carolingiens كان لطيفاً نوعاً ما؛ إنّه وقت تقدّم زراعة الكرمة نحو الشمال، رغم أنّ شجر البندق لم يصل إلى أقصى حدود زراعته شمالي اسكندينافيا في القرن الحادي عشر. انطلاقاً من نهاية القرن الثاني عشر بدأ الطقس يتّجه بوضوح نحو الرطوبة والبرودة بعد فترة شهدت قلّة في الأمطار وتبخّراً شديداً. حتّى لو كانت هذه الاستنتاجات تبدو عاجلة، تجدر الإشارة إلى الأمر وحدوده مع الزمن.

الحركة الديموغرافية هي الأخيرة من ضمن هذه الحركات الظرفية الكبيرة التي كان لها تأثير ملحوظ على التطوّرات الاقتصادية، وبالتالي تطوّر التقنيات. الانطلاقة السكّانية تبدو واضحة للعيان، وقد استنتج هذا الأمر جميع الباحثين المعاصرين. إنّها تبدأ نحو منتصف القرن الثاني عشر وتتابع حتّى النصف الثاني من القرن الثالث عشر أو ربّما حتّى نهايته. الشواهد التي بمتناولنا تُظهر لنا مدى هذه الانطلاقة: استصلاحات أراض كثيرة لا يمكن أن تنبثق إلاّ عن نموّ سكّاني متزايد وبالتحديد من أجل حاجات غذائية أهمّ، مدينية واضحة جدّاً، على الأقلّ في بعض المناطق، مع كلّ ما يستلزمه تطوّر المدن، خاصّة في مجالات الصناعة والتجارة، تحوّلات اجتماعية، كلّها بالطبع عوامل تؤثّر على الأنظمة التقنية الرائجة. قد يكون

من المفيد أن تُدرس بشكل أدقّ بداية وانطلاقة هذا النمو الديموغرافي: بهذا الصدد كان هناك مناطق تميّزت عن مناطق أخرى.

وبالعكس، عند نهاية تلك الفترة، أصبح الازدياد السكّاني بشكّل عائقاً أمام التطوّر التقني، عندما أصبح الفارق بين الحركتين شاسعاً جدّاً. فالأمر الملاحظ بشكل عام هو أنّ الكثافة السكّانية المرتفعة تميل إلى الإبقاء على تقنيات تقليدية: ومثل الصين في العصر نفسه هو أفضل دليل. إلاّ أنّه بالمقابل، ينتج عن الركود التقني تجاه تزايد سكّاني انحرافات وسيئات جسيمة بالنسبة للاقتصاد. ونرى بعض المؤلّفين قد لفتوا إلى عجز التقنية الزراعية عن بلوغ مستوى الكثافة السكّانية، عندما تمّ تنفيذ جميع أنواع الاستصلاحات. ولم يكن بالإمكان المرور من الزراعة الخفيفة إلى الزراعة الكثيفة، ممّا أحدث نواقص غذائية كبيرة. إنّ الكوارث الكبيرة في القرن الرابع عشر، التي تتدرّج من المجاعات الأولى عامي 1316 ـ 1317 حتّى الطاعون عند منتصف القرن الرابع عشر، ومن تعديلات فيليب لوبل في العملة إلى الانهيارات المالية الإيطالية في منتصف القرن نفسه، تُفسّر دون شك تلك التوتّرات الداخلية في غرب القرون الوسطى والتي يتعيّن أن نحدّد موقع التقنيات في وسطها.

يبدو أنّه يتعيّن أيضاً وضع الحركة التقنية الكبيرة في القرون الوسطى، من أجل فهمها بصورة أفضل، ضمن هذه التركيبة الطبيعية، تجاه المواقف الفكرية. ونذكّر أيضاً بالنقطتين الأساسيتين في عرضنا، الأولى زمنية وقد حاولنا الإشارة إلى التطابقات، الثانية هي تشكّل نظام تقني جديد، يختلف كثيراً عن الأنظمة القديمة. وهذا النظام الجديد هو الذي يتعيّن الآن أن ندرسه.

حقل التجديدات

قبل كلّ شيء لا يجب إساءة الفهم؛ إنّ كلّ نظام تقني جديد لا يعني بالضرورة تطوّراً شاملاً أو انقلاباً كلّياً. يكفي أن يكون التقدّم في بعض القطاعات كافياً لتغيير شروط الحياة الاقتصادية في العمق وأن يُبقى على نوع من الانسجام مع القطاعات التقليدية. إذا حدث في النهاية، أي نهاية الفترة موضع الدراسة، أن نتج عن النموّ الاقتصادي انحرافات بين مختلف القطاعات المتقدّمة، أو بينها وبين القطاعات التقليدية، وفرق بين البنيات التقنية والبنيات الأخرى، ينتج حتماً أيضاً أزمة معيّنة. على هذا النموذج تنبغي دراسة التطوّر التقني في القرون الوسطى.

لطالما قيل أنّه لا يجب أن نخلط أبداً بين تفتّح اختراع معيّن واستعماله العامّ، أي التجديد. فعندئذ تتدخّل شروط اجتماعية، اقتصادية أو طبيعية. هكذا نضع تاريخ التقنيات

على مستويين. لنأخذ أمثلة ملموسة: عرف العصر القديم الطاحونة المائية، الشرق عرف الكدن الحديث للجواد منذ القرن الميلادي الثاني، وشهدت الصناعة الحديدية تحوّلات أكثر عدداً من الزراعة: نحن هنا بصدد حقائق مسلّم بها. على المستوى الأعلى، يمكننا القول أنّ القرون الوسطى الغربية ولأسباب مختلفة كانت تملك الطاقة الهيدرولية الضرورية لتعميم استعمال الطاحونة المائية، وأنّ اقتصاداً نامياً أكثر، بريّاً أكثر أيضاً، أمكنه الاستفادة انطلاقاً من فترة معيّنة من الكدن على الطريقة الحديثة، وأنّ غنى التربة والمناخ وإمكانية زراعة خفيفة خفّضت من ضرورة التحوّلات التقنية الزراعية، وأخيراً أنّ كلّ الظروف الأخرى ساهمت بوضع مكتسب سابق، ولكن غير منشور، موضع التنفيذ مترابطاً منسجماً وذلك انطلاقاً من منتصف القرن الثاني عشر. أكثر من مجرّد وضع قائمة بالابتكارات التي حصلت، يتعيّن أن نبرز تشكّل نظام تقني جديد، متعدّد العناصر بالطبع عند بداياته، مؤلّف في الوقت نفسه من الابتكارات القديمة، من المستحدثات التقنية ومن نوع من المحافظة أيضاً.

إن كمّية الطاقة المتوفّرة كانت دائماً من المعطيات المهمّة بالنسبة للاقتصاد، لا بل بالنسبة للنموّ الاقتصادي. من جهة أخرى تلعب أشكال هذه الطاقة المتوفّرة، هذه الطاقات المتوفّرة لأنّ هناك عدّة طاقات في الوقت نفسه، دوراً مهمّاً جدّاً في تطوّر التقنيات التي تتعلّق بها كثيراً. إنّ تزايد هذه الثروات يمارس ضغطاً واضحاً على التقنيات الواقعة في الخلف.

كان العصر القديم يعرف ويستعمل كلّ الطاقات، كلّ أشكال الطاقة التي استعملها الغرب خلال القرون الوسطى: الطاقة الحيوانية منذ وقت طويل، الطاقة الهوائية، لا سيّما من أجل السفن، منذ عصر بعيد جدّاً، الطاقة المائية منذ القرن الميلادي الأوّل. الميزة الكبرى عند القرون الوسطى هي أنّها زادت كثيراً من كمّية الطاقة المتوفّرة وأنّها بالتالي استعملتها على نطاق أوسع. إذن تقع المؤهّلات الكبرى لفترتنا هذه على مستويين، فهناك من جهة كمّية كلّية من الطاقة الطبيعية، وهناك من جهة أخرى، ولا شكّ بفضل وفرة الطاقة هذه، تنوّع في طرق الاستعمال عبر اعتماد أواليات قديمة أو حديثة كان الاهتمام بها ضعيفاً سابقاً بسبب نقص الموارد الطاقية الكافية.

في الحقيقة ليس هناك الكثير ما يُقال عن الطاقة الحيوانية، لقد سمحت وفرة المراعي بمضاعفة أعداد الحيوانات وأعطتها القوّة والمقاومة. سنعود لاحقاً إلى موضوع تغييرات طرق كدن الجواد وظهور البيطرة المسمارية التي أتاحت استعمالاً أفضل له. وربّما في ذلك الحين بدأ النظر بمسألة الأجناس، ومعلوماتنا ليست في الواقع كافية حول هذا الموضوع: أجناس جديدة جلبها البربر، وأجناس تحسّنت بفضل الانتقاء والتزاوج. كذلك

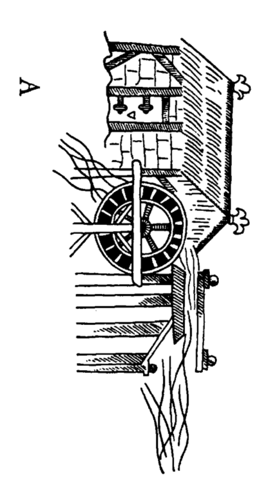
عرف ذلك العصر مرابط خيل فعلية، خاصّة في منطقة النورماندي Normandie، ربّما كانت وراء هذه التحوّلات البطيئة، ولقد سبق أن ذكرنا تطوّرات الطبّ البيطري. إذا كانت الخيول معروفة جيّداً فإنّ البقريات بالمقابل، المهمّة في الأعمال الزراعية وبعض أنواع النقل على مسافات قصيرة، لم تكن موضوع أيّ دراسة جدّية.

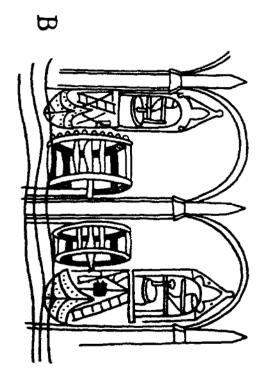
لا شكّ في أنّ التجديد الأكبر خلال القرون الوسطى كان استعمال الطاقة المائية على نطاق واسع. كان العصر يعرف الطاقة المائية لكنّها لم تأخذ الانتشار الذي تستحقّه وذلك بسبب ظروف طبيعية معيّنة، إلاّ أنّنا نلحظ بين القرنين الأوّل والخامس بعض انتشار في الأجهزة الهيدرولية. وما يشار إليه، نحو منتصف القرن الثاني عشر، هو ازدهار الآلة في المناطق الواقعة إلى الشمال. إذا أردنا اعتماد الإحصاءات يجب القول أنّنا نعتمد كثيراً على المادّة الوثائقية التي لم تصبح غزيرة فعلاً إلاّ انطلاقاً من منتصف القرن الثاني عشر. عند نهاية القرن الحادي عشر كان كتاب الـ Domesday Book يحصي نحو خمسة آلاف ومئة وأربع وعشرين طاحونة مائية في إنكلترا، ما يمثّل نحو ستّة عشر ألف حصان معدّ. وفي مقاطعة الأوب Aube الفرنسية أحصي أربعة عشر في القرن الحادي عشر، ستون في القرن الثاني عشر وأكثر من مئتين في القرن الثالث عشر. أمّا في منطقة الفوريز Forez، وقد تمّ نشر جميع نصوصها، لم نجد ما أشير إليه في القرن الثاني عشر، بينما نجد سبعين في القرن الثالث عشر. في النهاية ومن خلال الدراسات التي وضعت يبدو أنّ استعمال الطاقة المائية برز منذ القرن الحادي عشر، على الأقلّ في بعض المناطق، ثم أخذ أهميته رويداً وعرف بعد منتصف القرن الثاني عشر نموّاً سريعاً جدّاً.

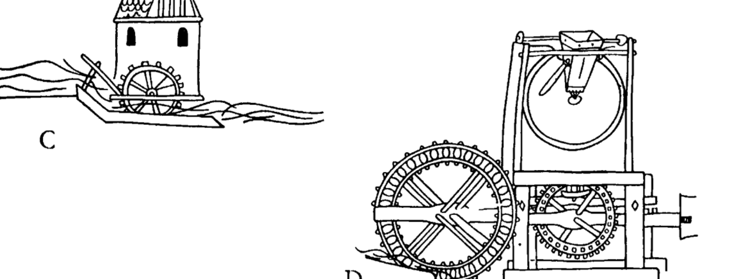
وبالإمكان توضيح بعض النقاط عن طريق المصوّرات التي إن لم يتم بعد ترتيبها وإحصاؤها كلياً فقد بدأ على نطاق واسع (شكل 2). إنّ كلّ الأمثلة التي بحوزتنا، بين القرنين الحادي عشر والثالث عشر، تُظهر لنا طواحين عاموديّة العجلة: الشيء نفسه من جهة أخرى كان بالنسبة للعصر القديم. كذلك فإنّ وضعية العجلة بالنسبة لتيّار الماء لها أهمّيتها: مردود العجلة العليا هو الأكبر، نحو 75% مقابل 60% للعجلة الجانبية و25% للعجلة السفلى.

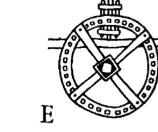
إنّ وضعية العجلة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتجهيزات الهيدرولية الموجودة. وهذه الوضعيات الثلاث عرفتها القرون الوسطى كما كان قد عرفها العصر القديم، إلاّ أنّ نصوصنا لا تسمح لنا باعتماد نتيجة حاسمة حول هذا الموضوع.

لقد كانت الطاحونة المائية تقدّم إنتاجية أكبر بكثير من التقنيات التقليدية، إلاّ أنّ بقاء المطحنة الذراعية وبكثرة في بعض المناطق المتمسّكة بها يظهر أنّ الطاحونة المائية لم تكن


A


B

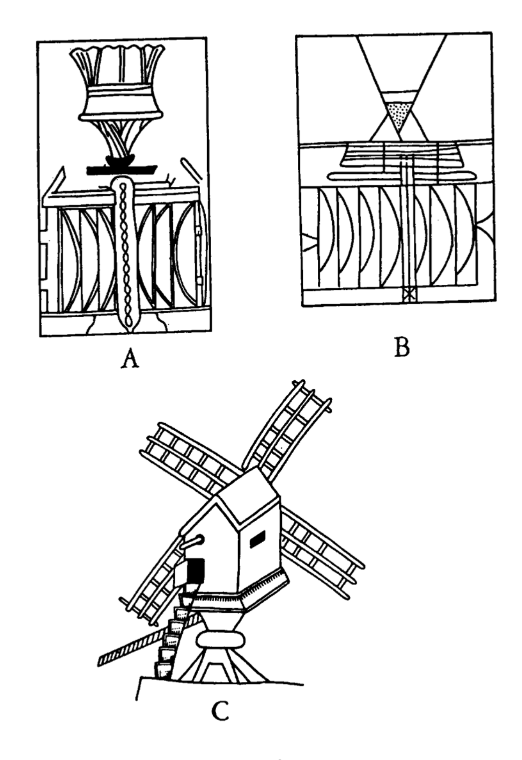




شكل 2 ـ الطاحونة المائية

أ ، طاحونة بعجلة عليا (لوتريل، نحو 1338)، ب، طواحين مراكب (سان دنيس، نحو 1317)، ج، طاحونة بعجلة سفلى (أو دنارد، نحو 1270)، د، أوالية لطاحونة Hortus deliciarum، آخر القرن الثاني عشر)، هـ، أوالية طاحونة (جدارية من سان إيبيدرو، وفي مدريد النصف الثاني من القرن الثالث عشر).





شكل 3 ـ الطاحونة الهوائية

أ، طاحونة هوائية عربية بأجنحة أفقية (عن مخطوطة للدمشقي، نحو 1300)، ب، طاحونة هوائية عربية بأجنحة أفقية من القرن الثالث عشر (عن كليم Klemm)، ج) نموذج الطاحونة الهوائية في القرون الوسطى (عن كتاب إنكليزي، نحو 1270).

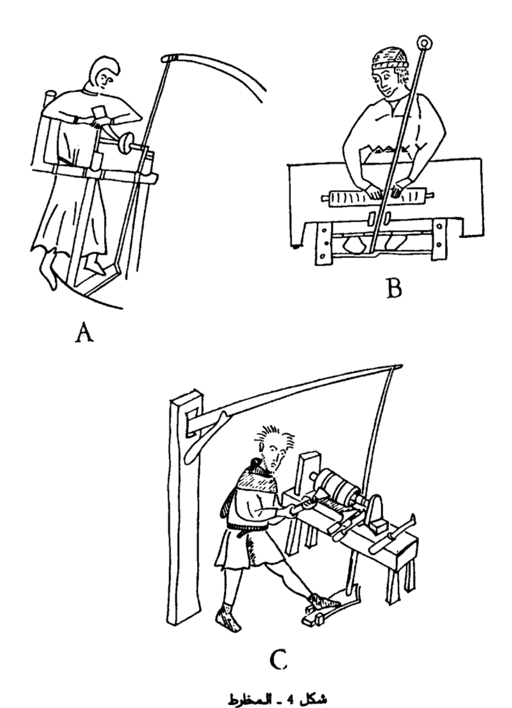
مفروضة إقتصادياً. وفي حالات أخرى، كان الربح الإقتصادي مهمّاً وأدّى فوراً إلى إلغاء التقنيات البدائية إلى درجة أنّه في بعض الحالات، مثل حالة الطواحين الهرّاسة وطواحين قشر الدّباغ، أصبحت هذه الطواحين ملكية مشتركة.

ونذكر شكلاً آخر من الطواحين يعتمد مصدر طاقة خاصاً، إنّها طواحين المدّ، التي تعمل حسب المدّ والجزر في مناطق تسهل فيها إقامة سدود لخزن المياه؛ بالطبع نفهم لِمَ لم يبتكر العصر القديم طواحين من هذا النوع. يُقال أنّ طواحين المدّ والجزر في مرفأ دوفر Douvres كانت موجودة منذ عصر غليوم الفاتح؛ وأنّ مطاحن منطقة الأدور Adour كانت موجودة نحو الأعوام 1120-1125.

إضافة إلى استعمالها في البحرية الشراعية، ظهر اعتماد الطاقة الهوائية في الغرب خلال القرون الوسطى. لكن هناك نصوصاً تذكر أنّ طواحين هوائية كانت موجودة في الهضبات الإيرانية خلال القرن السابع وهناك عالمان جغرافيان فارسيان، نحو منتصف القرن العاشر، يشيران إلى طواحين هوائية في مقاطعة سيستان Seistan.

كانت المسائل الميكانيكية صعبة الحلّ. من المحتمل أنّ الطواحين الهوائية في الشرق الأدنى كانت عامودية المحور، مثلما بقيت إلى عهد قريب (شكل 3، أ و ب)، وهناك رسمان عربيّان من القرن الثالث عشر يثبتان هذا الأمر. أمّا أولى الطواحين الهوائية التي نملك صوراً عنها، بالنسبة لأوروبا الغربية، فهي أفقية المحور (شكل 3، ج)؛ ولكن ظهرت عندئذٍ مشكلة وضع الأجنحة حسب الريح الغالبة والتي يمكن تغيير اتجاهها. هنا أيضاً تتطابق وثائقنا: كلّ الطواحين الهوائية تدور بمجملها فوق ثلاث قوائم خشبية، من النوع الذي يسمّيه الإنكليز بوست . ميل Post- mill، ممّا كان يفترض مادّة بناء خفيفة، هي الخشب دوماً.

تبقى مسائل التأريخ الدقيقة. في إسبانيا يقال أنّ طواحين هوائية دارت في منطقة تارّاغوني Tarragone منذ القرن العاشر وهذا ما ينفي ما كتب دوماً عن استيراد الفكرة مع الحروب الصليبية. وتذكر أقدم نصوص لدينا طاحونة هوائية في النورماندي نحو العام 1180، وبعدها بقليل في انكلترا. منذ القرن الثالث عشر أصبحنا نرى الطاحونة الهوائية تقريباً في جميع أنحاء أوروبا الغربية، كلّ شيء إذن، يميل إلى الإثبات أنّ الطاحونة الهوائية بدأت انتشارها في المناطق الغربية منذ النصف الثاني من القرن الثاني عشر وأخذت انطلاقتها الفعلية في المناطق حيث الرياح منتظمة منذ بداية القرن الثالث عشر، ثمّ وصلت البلدان الواقعة أكثر إلى الشرق، مثل بولندا أو السويد، في النصف الأوّل من القرن الرابع عشر. وتعود أقدم مصوّرات الطواحين، الواردة في كتاب أودناردAudenarde وكتاب سان فاست دارّاس



شكل 4 ـ المخارط

أ، مخرطة بعصا (عن تفسير التوراة، بداية القرن الرابع عشر)، ب، مخرطة ذات بكرة ودعستين (عن زجاجية من شارتر Chatres، القرن الثالث عشر)، ج، مخرطة بعصا (عن كتاب Mendel Bruderbuch، نحو 1404).

Saint - Vaast d'Arras، إلى حوالي العام 1270؛ ولا نجد ذكراً لها في سجلّ مطرانية ليل Lille، من نفس التاريخ. ويبدو أكيداً أنّ الطاحونة الهوائية في ذلك العصر لم تكن تُستعمل سوى لطحن الحبوب.

لقد أشرنا إلى الغنى المميّز للمناطق الشمالية في أوروبا الغربية والوسطى بمادّة الخشب، أي بمصدر طاقة حراري مهمّ لم يكن يملكه العصر القديم الكلاسيكي والمتوسّطي. ولا داعي لأن نركّز كثيراً على أهمّية هذا المصدر بالنسبة لعدد كبير من الصناعات (إنتاج الكلس، الزجاج، المعادن)، بالنسبة للتدفئة، ولصناعة الآجر والقرميد. وهو بالطبع ينتج عن موارد طبيعية.

يبدو إذن جلياً أنّ إمكانيات القرون الوسطى الغربية بالنسبة للطاقة هي أكثر بكثير ممّا قد عرفه العصر القديم. أكثر كمّية وأكثر تنوعاً أيضاً، وهذه كانت ميزة إضافية، وتكمن هنا نقطة مهمّة تستحقّ إجراء دراسات متقدّمة أكثر، لا سيّما في محال الإحصاء، من أجل المقاربة بين منحنيات محتملة وتقريبية للنمو الاقتصادي مع الطاقة المستعملة، ونأمل أن نرى معلوماتنا في وقت قريب أكمل في هذا المجال وأدقّ من كلّ ما يمكننا قوله.

الطاقة والآلية هما أمران شديدا الارتباط ببعضهما لأنّه بفضل آلية متطوّرة تأخذ الطاقة كلّ قيمتها. قد يبدو مستغرباً أن نتكلّم عن مفهوم الآلية في القطاعات البارزة في القرون الوسطى: ففي الواقع يمكننا الاستنتاج أنّ كلّ الأواليات تقريباً المستعملة في ذاك العصر كانت معروفة في العصر القديم. إنّ ما سمح بإعطاء هذه الأواليات أهميتها هو بالضبط التطوّر الواسع في استعمال هذه الطاقة. وقد رأينا أنّ القدماء استخدموها في عدّة حالات ولكن فقط في ميادين هامشية كلياً: ربّما كان الميل إلى صنع المسيّرات من أقوى عوامل الاكتشاف وسوف نلمس هذا الأمر مجدّداً في العصور اللاحقة. إنّ القرون الوسطى جعلت كلّ هذه الأواليات تمرّ من مستوى الافتراضية إلى واقع تقني محسوس.

لن نقف كثيراً عند أواليات التخفيف التي سبق أن تكلّمنا عنها، إذ لم تعرف القرون الوسطى أجهزة رفع غير ما نقله إليها العصر القديم: بكرات، عجلات رافعة (ونفكّر بمرافع بروج Bruges ولونبورغ Lünebourg الشهيرة). لا شك في أنّه تجدر أيضاً الإشارة إلى استعمال الحركة اللولبية بصورة غير منتهية، وقد سبق لهارون وبليني أن أعطيانا أمثلة عنها، خاصّة بالنسبة للمكابس اللولبية. وقد تعمّمت خلال القرون الوسطى إلى الآلة الرافعة، التي يعطينا عنها صورة كاملة فيلار دو أونكور Villard de Honnecourt خلال النصف الأوّل من القرن الثالث عشر.

إنّنا لا نعرف المخارط التي استعملها القدماء، ولكن بحكم امتلاكهم الجذع المدوّر

نعتقد على الأرجح أنّهم استعملوا الرائد والعجلة، كما في المخارط البسيطة، متواصلة الحركة، وأوضح مثل عنها هو الدولاب اليدوي. عند استعمال عجلة كبيرة نشكل مقوداً ممّا يسمح بتحرير اليد المحرّكة، على الأقل مؤقتاً، من أجل أن تقوم بأعمال أخرى.

إنّ معظم مخارط القرون الوسطى هي مخارط إرتدادية، وبالتالي تناوبية. وقد بقي لنا عنها بعض المصوّرات، ونستطيع أن نميّز بين نوعين:

أ - تقدم المخرطة بدعسة واحدة على نظام من الأحزمة الملتفة حول المحور والمتّصلة بالدعسة من جهة، ومن جهة أخرى بنابض (قوس أو عصا). عند الحركة بالتناوب يقوم النابض والدعسة بإدارة المخرطة ضمن هذا الإتجاه أو ذاك (شكل 4، أ و ج).

ب -تقوم المخرطة ذات الدعستين على نفس النظام، لكن حزام التوزيع يتحرّك بالتناوب بواسطة الدعسة الأوّلى أو الثانية. واحدة من الرسومات القليلة التي بحوزتنا تقدّمها لنا زجاجية من كاتدرائية شارتر (القرن الثالث عشر، شكل 4، ب).

يبقى أن ندرس أنواع استعمال الطاحونة المائية، ولدينا بهذا الصدد عناصر مهمّة. تساعد العجلات المسنّنة بإجراء التوزيعات المباشرة مع إمكانية التخفيف وتغيير المستوى، وكان العصر القديم يعرف هذه الأوليات وبدأ بوضع نظريّتها. من جهة أخرى، بفضل الحدبات، كان باستطاعة الطاحونة المائية أن تشغّل الأجهزة القلاّبة والأجهزة التي تعمل بواسطة نابض. هكذا يبدو بوسعنا أن نصنّف الاستعمالات الأساسية للطاحونة المائية ضمن مجموعات كبيرة معيّنة:

أ - استعمال مباشر للحركة الدائرية مع تعديلات بسيطة في المستوى، القوّة والسرعة: إنّها بشكل عام حالة الرحى للسحق أو للشحن. وضمن حدود ما نعرفه حالياً، يمكننا وضع القائمة التالية:

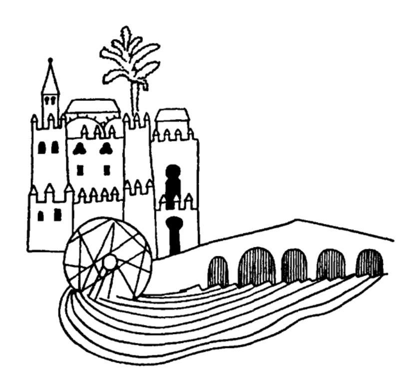
1 - طاحونة القمح التي عرفها العصر القديم؛

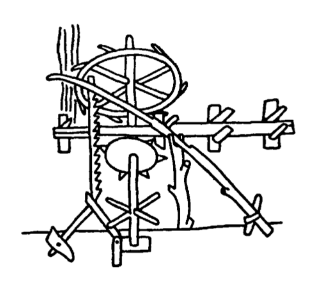
2 - طاحونة أو معصرة الزيت: لدينا إشارة إلى واحدة في منطقة الفوريز من القرن الثالث عشر؛

3 - طاحونة الخردل: إشارة من القرن الثالث عشر في الفوريز؛

4 - طاحونة للجعة: نصوص غير أكيدة من القرن التاسع في بيكارديا **Picardie**، ونصوص أكيدة انطلاقاً من منتصف القرن الحادي عشر؛

5 - طاحونة للسكّر: أمثلة أثرية من القرن الحادي عشر في المغرب؛





شكل 5 ـ استعمال الطاقة المائية

في الأعلى، ناعورة من قرطبة (عن ختم من القرن الرابع عشر)، في الأسفل، منشار فيلار دو اونكور (نحو العام 1250).

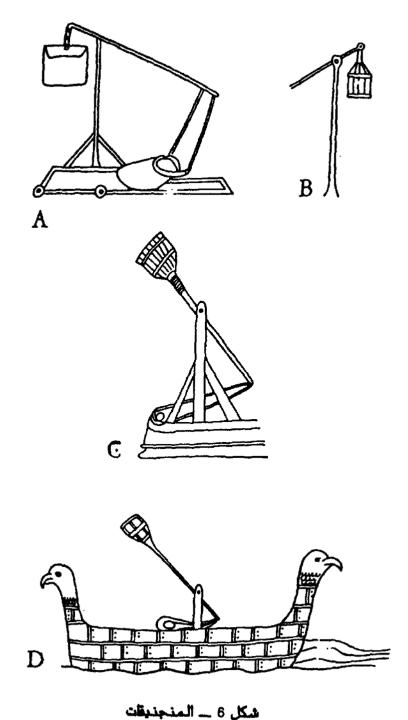
6 ـ طواحين للشحذ: نهاية القرن الثاني عشر في النورماندي وفي بوفيزي Beauvaisis؛
7 ـ طواحين دوّارة: لم تُذكر إلاّ في القرن الرابع عشر في دوفينيه Dauphiné، ولكنّها ربّما كانت موجودة قبلاً؛
8 ـ طواحين لرفع المياه: أكدّها فيتروفيوس في الشرق الأدنى خلال القرن التاسع، وفي إسبانيا إنطلاقاً من القرن العاشر (شكل 5، أعلى)، وانطلاقاً من القرن الحادي عشر في الشمال حيث كانت أقلّ أهميّة؛
9 ـ ذكرت بعض النصوص أنه أمكن تشغيل بعض الطواحين التي تستعمل البيزر مع الرحى: طواحين الوسمة (نبات للصباغ) منذ القرن الثالث عشر في نامور Namur؛ طواحين قشر الدباغ، أمثلة منذ القرن الحادي عشر.

ب ـ استعمال الحدبة من أجل الأجهزة القلاّبة والأجهزة ذات النابض:

1 ـ طاحونة الحديد: في السويد منذ نهاية القرن الثاني عشر؛
2 ـ طاحونة النحاس: وتعمل بنفس مبدأ الطاحونة السابقة، ولكن ليس لدينا عنها مثل قديم؛
3 ـ الطاحونة الهراّسة: منذ نهاية القرن الثاني عشر في النورماندي، في بييمون - Piémont وفي الميلانيه Milanais؛
4 ـ طاحونة الورق: عند منتصف القرن الثالث عشر في إسبانيا؛
5 ـ طاحونة القنّب: في القرن الثالث عشر؛
6 ـ طاحونة للنشر: المثل الوحيد عن أوالية ذات نابض يرد عند فيلار دو أونكور نحو العام 1240 (شكل 5، أسفل).

بالطبع يتعيّن تعميق معلوماتنا وإطلاق أبحاث على مستوى عالمي، لكنّ هذه القائمة البسيطة تُظهر كم أنّ الطاحونة المائية تمثّل في العديد من المجالات ثورة صناعية حقيقية، إذا أردنا استعمال هذه اللفظة الملتبسة نوعاً ما ولكن التي تثبتت مع الاستعمال. حتى لو كانت الطاحونة المائية معروفة منذ القرن الأوّل، حتّى لو كان القدماء يعرفون مختلف الأواليات المتعمدة دون أن يطبّقوها على الطاقة المائية، نشير إلى أنّه انطلاقاً من القرنين الحادي عشر والثاني عشر نشأ ظرف جديد كلياً. انطلاقاً من هذ العصر أخذت تقنيات استعمال الطاقة الهيدرولية أو المائية بعدها الحقيقي.

وجدت في هذه الأثناء في القرون الوسطى آلية جديدة هي الآلية الحربية. بعض الآلات كان قديماً جداً، مثل المنجنيقات والأبراج النقالة، ولكن الحدث هو أنّ القرون الوسطى تركت المدفعية القذّافة المعتمدة على الحبال والتي كان يستخدمها القدماء إلى



شكل 6 ــ المنجنيقات

أ و ب، عن مخطوطة باريسية تعود إلى القرن الرابع عشر، ج، عن مخطوطة من كامبردج تعود إلى القرن الرابع عشر، د، منجنيق مرفوع على قارب، عن كتاب «Le Roman de toute chevalerie» باريس وإكسفورد، القرن الرابع عشر.

مدفعية تعتمد على الثقالات وتعطي ربّما نتيجة أقوى. كانت المنجنيقات تستعمل نفس الخصائص القذّافة الموجودة في المقلاع ناقلة إيّاها، بواسطة أوالية ملائمة، إلى أبعاد أكبر بكثير. الأمر في الواقع هو عبارة عن عصا كبيرة تدور بين حمّالتين ومزوّدة من جهة بمقلاع كبير، ومن جهة أخرى بثقالة (شكل 6). مع هذا الجهاز، كان يمكن الحصول إمّا على رمي متوتّر، إمّا على رمي غاطس. ولا شكّ في أنّه تمّ التوصّل آنذاك إلى وضع بعض القواعد الأساسية للرماية عبر حساب كلّ عناصرها: وزن الكرة، المسافة التي يُراد قطعها، طول العصا، نقطة المنحنى حيث يجب إفلات الكرة، وكان يتمّ كلّ هذا طبعاً بصورة تقريبية وتجريبية.

بهذا الشكل تبدو لنا رحبة «الآليات» في القرون الوسطى الغربية. كان هناك بعض التجديدات بالنسبة للعصر القديم، ولكن بصورة خاصّة استعمال أوسع لأواليات أو آلات معروفة سابقاً ولكن محدودة الاستعمال إلى درجة كبيرة. وتبقى الطاحونة المائية وتطبيقاتها المختلفة أساس هذه المكننة.

في مجال المواصلات والنقل، من الصعب بشكل عام تحديد المسائل بحجمها الحقيقي. وقبل أن نشرع بنقاط كانت موضوع كتب معروفة جدّاً لدرجة أنّ شهرتها أعمت الأبصار عن مقاصدها الحقيقية، يُستحسن توضيح بعض الأمور التي تتعلّق بالكدن:

أ ـ إنّ العتاد الجديد هو خاص بالحصان، فقد بقي كدن البقريات على حاله. وكلّ الأبحاث تتّفق على القول بأنّه عند قوّة متعادلة، ويتفوّق الحصان على الثور من ناحية المقاومة وبأيّ حال من ناحية السرعة. ولكن يجب تحديد مجالات استعمال كلّ من هذين الحيوانين.

ب ـ هناك نقطة أخرى مهمّة. إذا كان الأمر يتعلّق بالنقل، من الضروري أن نعرف، حتّى عن طريق أرقام تقريبية، الحجم المنقول من جهة، ومن جهة أخرى وسائل النقل المعتمدة. ونستنتج من بعض الأعمال الحديثة عدداً من الأمورالأساسية:

1) من جهة أنّ حجم المبادلات ضعيف نسبياً، وهذا ما نلمسه عندما نطّلع على مدى تنوّع انتاجات منطقة معيّنة، ولو محدودة، بالضبط من أجل نجنّب مصاعب النقل.

2) من جهة أخرى، قد يكون الكدن الحديث للجواد وجد تطبيقه الفعلي والتام من حيث أنّه كان بإمكان عربات كبيرة أن تنقل حجماً معيّناً أو وزناً معيّناً: ونعرف أنّه بغياب مقدّم عربة متحرّك، كان استعمال العربة ذات العجلات الأربع شبه مستحيل. إضافة إلى ذلك كان يجب وضع شبكة طرقات متطوّرة ومصونة.

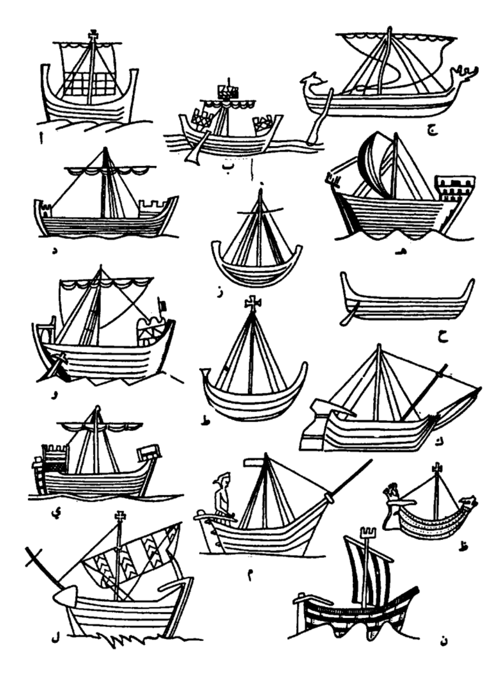
3) عن هذه الملاحظة الثانية ينتج أن معظم النقل كان يتمّ على ظهور الحيوانات (هنا قد تخل البيطرة المسمارية) أو عن طريق المواصلات النهرية.

هكذا إذن، باستثناء عمل الأرض، وسوف نعود إليه، إذا كانت البيطرة المسمارية تقنية مربحة فإن الكدن الحديث، وفيما عدا نقل على مسافات قصيرة، كان حتماً أقلّ أهمّية.

حولِ البيطرة المسمارية لدينا حزمة من المعلومات يمكنها رغم قلّتها إعطاؤنا فكرة عن الاختراع ومدى أهميته. كان المعروف منذ العصر القديم أنّ حافر الحصان هو هش نسبياً، ومن جهة أخرى لم يكُن بالإمكان طرق فكرة غرز مسامير في الحافر دون معرفة بمختلف أنسجته وبوظيفتها. إنّ صمت كل النصوص القديمة عن هذا الموضوع يثبت حتماً أنّ العصر القديم الكلاسيكي لم يعرف أبداً حدوة الحصان، وأكثر ما يمكن الصنادل الحصان أن تكون هو أجهزة للحماية، وضعت من أجل تجنب جروح الحاضر، لا سيّما التهابه، الذي كان يحدث دائماً في ذلك العصر دون شك. فيما يتعلّق بالبربر، كلّ ما قيل عن البيطرة المسمارية هو افتراضي محض.

اليقين يأتي عن طريق نصوص وأغراض لا يمكن أن تكون عرضة للنقاش. بالنسبة للأولى لدينا فعلاً إشارات أكيدة: كتاب «التكتيك البيزنطي» لليون السادس LéonVI (886 ـ 9126)، وكتاب «Miracula sancti Oudalrici» لجيرهارد Gerhard (973). وكثرت الإشارات انطلاقا من نهاية القرن الحادي عشر. أمّا بالنسبة للأغراض فيعرض لنا متحف كريسي Grécy ومتحف البيطرة في سومور Saumur نماذج قد تكون من القرن التاسع: وتُعتبر أقدم نعلات نعرفها.

تسمح لنا الأبحاث القائمة حالياً بالتفكير بأنّ البيطرة المسمارية ربّما ظهرت في بيزنطية، على قوائم الجياد القاطرة، وفي الوقت نفسه في الغرب. يبدو أنّه في البداية استعملت الحدوات الصغيرة ونرى صوراً منها على مجموعة ديباج ونجادة الملكة ماتيلد Mathilde، انّها حدوات شبيهة بالحدوات الصينية رغم أنّ الأخيرة هي أصغر أيضاً وأرقّ ومثبتة بواسطة مسامير على شكل مفاتيح الكمان. ونرى في المقابر النورماندية من القرنين التاسع والعاشر حدوات يبلغ طولها من ثلاثة إلى ستة سنتيمترات، مصنوعة من صفيحة تبلغ سماكتها سنتيمترين: رأس عند الوسط على شكل كلاّب، مزود بمثقبين مغروزين في جوانب الحافر. نلاحظ بعد ذلك تطوّراً واضحاً في حدوة الحصان التي أصبحت أكبر فأكبر وذات سماكة كافية. حتّى أنّنا احتفظنا، مثلاً على باب كنيسة شابلي Chablis، بنماذج حدوات خيول مريضة: يحتمل أن لا يكون الصليبيوّن هم من علّق الحدوة على الباب، بل أشخاص معترفين بالجميل للقدّيس فلان بأن شفى لهم دابّتهم.



شكل 7 ــ تطور السفينة.

أ، سفينة من نوع الفايكينغ، شراع ذو قنّة (ختم من لاروشيل La Rochelle، نهاية القرن الثاني عشر)، ب، سفينة من نوع الفايكينغ مع حامية (ختم دو نفيتش Dun Wich، 1199)، ج، سفينة من نوع الفيكينغ (ديباجة من بايو Bayeua، القرن الحادي عشر)، د، سفينة من نوع الفايكينغ مع حامية (ختم من هيث Hythe، نهاية القرن الثاني عشر أو بداية الثالث عشر)، هـ، سفينة من نوع الفايكينغ مطورة مع مقدم ومؤخّر مستقيمين (ختم من سترالسوند Stralsund، نحو العام 1250)، و، سفينة من نوع الفايكينغ مع حامية (ختم من بينفسي Pevensey، القرن الثالث عشر)، ز، سفينز من نوع الفايكينغ (ختم من كاليه Calais، 1228)، ح، سفينة من نوع الفايكينغ البدائي (ختم من =

ما أن ظهر كتاب لو فيفر دي نويت Le febvre des Nöttes حتّى دار النقاش حول أصل وتاريخ الكدن الحديث. المعروف أنّ هذه التقنية تقوم أساساً على الإكليل، الكبب والعتاد المتتابع. لا ريب أنّه في هذا الأمر تطوّر جدّي وأكيد بالنسبة للكدن القديم الذي كان يزعج الحيوان في تنفّسه، رغم أنّ أحد علماء الجغرافيا قال: أنّ الطريقة القديمة كانت تساعد في ترويض الجواد.

لقد دارت النقاشات الكثيرة حول هذه العّدة، لو فيفر دي نويت اكتفى من جهته بالإشارة إلى ظهورها خلال القرن الحادي عشر، لا سيمّا عن طريق رسوم مصوّرة عنها، وإلى تطوّرها السريع خلال القرن الثاني عشر. بعده لاحظ أودريكور Haudricourt أنواع كدن حديث على نقيشات هان Han تعود إلى القرن الميلادي الثاني ونسب، عبر دراسة لغوية، معرفتها في أوروبا إلى القرن السادس، وهو يقول أنّ إكليل الجواد لم يصل إلى الغرب قبل القرن الثامن أو التاسع. ومؤخراً بعد عدد من الاكتشافات الأثرية تساءل المؤرخ لين وايت Lynn White عن إمكان حدوث تطوّر بطيء من الكدن القديم نحو الكدن الحديث ممّا يستغني عن أيّ استعانة بالشرق. إنّ كلاً من النظريات الثلاث لها أهميتها، ومن خلالها ينبغي توجيه الأبحاث القادمة.

هنا أيضاً يتعيّن على أي حال أن نشير إلى الوفرة المتأخّرة في النصوص والصور الدقيقة، وكلّها تثبت أنّ الكدن الحديث عرف انتشاره الحقيقي خلال القرن الثاني عشر. ولا شكّ في أنّه كان يُستخدم قبل كلّ شيء في جرّ الأدوات الزراعية كالمحاريث، والنورج، وعربات العلف أكثر منه في النقل والمواصلات. عندئذٍ كان الحصان المبيطر والمكدون بطريقة جيّدة يبدو متفوّقاً على الثور، إلاّ أنّ خبراء الزراعة الإنكليز في القرن الثالث عشر كانوا يقولون أن رعاية الحصان تكلف أكثر من الثور: في الحقيقة لا نملك العناصر العددية التي تساعدنا في الحكم بهذا الشأن. رغم ضيق استعماله، كان الكدن الحديث تطوّراً تقنياً حقيقياً ولكن أقلّ من البيطرة المسمارية التي استعملت على نطاق أوسع.

إن لم نكن نملك حتّى الآن تاريخاً كاملاً للسفينة في القرون الوسطى، فإنّ معلوماتنا

- غرالين Gravelines، 1328) لكن السفينة هي حتماً أقدم من تاريخ الختم، ط، سفينة من نوع الفايكينغ (ختم من كاليه، 1270، عن نموذج أقدم)، ي، أول صورة لنوع الكوغ (ختم من إيبويتش، نحو العام 1200؟)، ك، كوغ (ختم من ويسمار Wismar، نحو العام 1250)، ل، كوغ (ختم من إلبيغ Elbing، نحو العام 1242)، م، كوغ (ختم من كييل Kiel، القرن الثالث عشر)، ن، كوغ (من تعليق حول كتاب «l pApocalypse» للإسكندر الصغير، عن مخطوطة من بريلو Breslau، نحو العام 1242)، ظ، سفينة مع حاملة السكّان (جرن معمودية من وينتشستر Winchester، 1180).

نلاحظ أن جميع صور الكوغ تُظهر دفة خلفية وحيدة

في هذا المجال بدأت على الأقلّ تصبح أدقّ وأغزر. إلا أنّه باستثناء بعض الاكتشافات الخارقة، مثل سفينة بريم Brême، تبدو المعطيات المادّية في العديد من الحالات غير كافية. وتجدر الإشارة من جهة أخرى إلى أنّ فرز المصوّرات في مجال السفن هو اليوم شبه كامل (شكل 7).

أولاً يجب التمييز بين البحريات الشمالية والبحريات المتوسّطية التي بقيت تقنياتها مختلفة مدّة طويلة قبل أن تتداخل، إن بالنسبة للهياكل أو بالنسبة للأشرعة.

في ما يتعلق بالبحريات الشمالية، المدروسة بشكل أفضل بواسطة المصوّرات والتنقيبات الكثيرة، نعرف تقريباً نقطة الانطلاق. هناك منقوشة حجرية، وجدت في جزيرة غوتلاند Gotland، تعود إلى القرن الخامس، ترينا صورة تتطابق نوعاً ما مع السفينتين المكتشفتين في كفالسوند Kvalsund، في النروج، واللتين تعودان إلى القرن السابع. كان يبلغ طول الكبيرة من هاتين السفينتين 18 م وعرضها 3,5 م، واللوحة الداعمة كانت قد أصبحت آنذاك صالباً حقيقياً، الهيكل كان على شكل U ممّا يؤمّن التوازن، دون الحاجة إلى صابورة، ورغم غياب الصاري من المنقوشة ومن التنقيبات يبدو أنّ السفن كانت مزوّدة به، فمنذ القرن السادس هناك منقوشات تُظهِر سفناً شمالية تبحر بواسطة الشراع.

على حجارة غوتلاند المنقوشة، من القرنين السابع والثامن، نرى نوعين من السفن؛ النوع الأوّل حيث يشكّل الصدر زاوية حادّة مع الصالب، والنوع الثاني الذي يرتفع مشكلاً إنحناء معيّناً. لقد قيل أنّ سفن الفايكينغ التجارية كانت تتطلّب، أكثر من السفن الحربية، ميزة الإبحار الشراعين، بسبب عتاد محدود. كانت الأشرعة بشكل عام مضلّعة قطرياً وكان من الضروري تقويتها، الهياكل كان يجب أنّ تكون غير مجسّرة والبضائع متجمّعة في الوسط.

تعود سفينة ساتن هوSutton Hoo (إنكلترا) إلى القرن السابع وهي سفينة حربية، كان هناك فوارق طولية على خطوط التأزير ممّا يدلّ على مهارة كبيرة في التجميع، وكان يبلغ طولها 24 م وعرضها 4,2 م أمّا قعرها الذي بلغ 1,35 م فكان قعر سفينة مسطّحة يسهل إرساؤها. كان هناك يت وثلاثون مزدوجة تشدّ الهيكل وتسعة عشر مجذافاً.

الاكتشافان الكبيران هما اكتشافا غوكستاد Gokstad وأوزبرغ Oseberg في النروج. سفينة أوزبرغ هي الأقدم وتعود إلى القرن التاسع، أبعادها 21,4 على 5,1 م، وهي مصنوعة من خشب السنديان، مزوّدة باثني عشر إزاراً من كلّ جهة وبصالب قوي مقوّس بشكل خفيف عند الوسط. تتعلّق الأطراف الخارجية للمزدوجات بالإزارين التاسع والعاشر والعاشر هو أسمك ويقع على شكل L، وهي مثبتة بالأزر الأخرى حسب النظام التقليدي وترتاح بحرية

على الصالب. كانت هذه السفينة تملك خمسة عشر زوجاً من المجاذيف وصارياً وشراعاً؛ كان الصاري يقع قليلاً أمام منتصف السفينة وفي فريضتين من مغطس يقوم على الصالب. الجسر كان موضوعاً على النسخات بين الداعمات ومرفوعاً من الأمام ومن الخلف مشكّلاً نوعاً من مصطبة. أمّا مركب غوكستاد الذي يعود إلى القرن العاشر فهو أكبر وأكثر تكيّفاً مع الملاحة الشراعية: 25,3 م على 5,25 م، وهو أيضاً مصنوع من خشب السنديان. كان الإزار يتضمّن ستّة عشر خطّاً مثبّته على سبع عشرة مزدوجات، الخطوط السفلى دائماً مرتبطة بالمزدوجات بواسطة روابط تمرّ في الحديبات القائمة في ألواح الإزار (روابط من جذور الصنوبرة)، والخطوط الأخرى مثبتة بكلاّبات حديدية. وكان هناك تسعة عشر زوجاً من المجاذيف.

كان تأزير كلّ هذه السفن يتم بواسطة تراكب ألواح رقيقة بعضها إلى جانب البعض الآخر، مع طلاء بسيط وجلفطة من الظفائر ووبر الحيوانات، وكانت هذه التقنية تسمح باستعمال الخشب الدقيق. المزدوجات كانت من الخشب المنحني، الخفيف أيضاً، ولم يكن هناك سوى صار واحد نقّال يبدو أنّ الشراع ظهر في القرن السادس أو السابع ولكنّه وجد حتماً في القرن الثامن. كانت تُنزع الصواري من أجل السير بالتجذيف، الدفّة كانت جانبية ولم تكن السفن في الواقع مجسّرة فعلاً؛ كان هناك فقط ألواح متحرّكة تقوم على نتوء في التأزير. عند نهاية القرن العاشر كان طول سفينة أولاف تريغفاسون Olaf Trygvason يبلغ 42 م، وهو بعد شبيه بما عند قوادس القرنين السابع عشر والثامن عشر.

المراكب الطويلة اشتقّت من نوع الغوكستاد، ونراها على أحجار منقوشة من غوتلاند وأيضاً على ديباج من بايو Boyeux. نجدها كذلك، دون تغييرات جذرية على اختام من لاروشيك ولوبيك آنذاك ورد في ديباج بايو بعض التعديلات في السفينة، التي لم تعد تستعمل المجذاف دون تغييرات جذرية على اختتم من لاوشيك ولوبيك إلاّ كمساعد والأشكال أصبحت أكثر استدارة، كما زادت، مع الأطراف المسطّحة للمزدوجات، من قدرة الحمولة وسهّلت عملية الإرساء وتوازن السفينة على الشاطيء. إذن ربّما كانت هذه السفن مجسّرة وإذا كانت أصعب من ناحية التوجيه فهي أفضل من ناحية الاستعمال. ومن المحتمل أن تكون أنبثقت عن الكُنار Knar أي تلك السفن التجارية التي ظهرت ببطء خلال القرنين السابع والثامن.

انطلاقاً من ذلك العصر، أي نهاية القرن الحادي عشر، زادت سرعة التطوّر في الأنواع التي وصفناها لتوّنا باختصار، وبرزت الفوارق.

أصبحت تُقام حاميات على طرفي السفينة، حاميات تجاوزت عرض الهيكل. ربّما

كانت هذه الحاميات في البداية مجرّد إضافات مثلما نرى على ختم دنفيتش من عام 1199. على أختام هيت (نهاية القرن الثاني عشر) وبنفسي (بداية الثالث عشر) وساندويتش Sandwich (1238)، الحاميات هي عبارة عن مصطبات خفية تقوم على صقالة مؤلّفة من دعامات مع تقويسات قوطية أو عقود كاملة. ويدّل ختم دوفر Douvres (1284) على تطوّر نحو الحامية الثابتة المتّصلة بالهيكل.

حدث كذلك تطوّر بالنسبة للأشرعة وبالتالي بالنسبة للصواري. أحياناً نرى الشراع ملتفاً حول عارضة الصاري العليا (كما على أختام دنفيتش، ودوفر، وهيت ووينتشلسي Winchelsea): عندئذٍ يضطر النوتيون إلى الصعود على العارضة كما نرى أيضاً في بعض المصوّرات. أمّا حبال القدّة المفتولة، التي تسمح باستعمال الشراع جزئياً، فتبدو اختراعاً اسكندينافياً، وقد ذكرها للمرّة الأولى المؤرخ ويس Wâce، وهو من جيرسي ولكنّه نشأ في كاين Caen (1120-1183)، وهي توضع إمّا نحو الأسفل كما على ختم لاروشيل ممّا يجعلنا نفترض انخفاضاً في عارضة الصاري، إمّا نحو الأعلى كما نرى في مخطوطة باريسية تعود إلى القرن الثالث عشر. ولكن يبدو أن الوضعية نحو الأسفل كانت أكثر رواجاً (أختام هاستينغز Hastings، وبيرغن Bergen ودبلن Dublin). على ختم ساندويتش، نرى عمود صار يميل إلى الأمام ربّما كان عبارة عن نموذج أوّل للصاري المائل الذي اعتمد فيما بعد، ونرى هذا الأخير على مصغّرة نُفّذت عام 1279 من أجل إليونور كاستيبًا Eléonore de Castille، ولم يُستخدم بادىء الأمر إلاّ لإعطاء نقطة ثبات أو بالأحرى ارتداد لحبل الشراع على البكرة. وسرعان ما انتشر استعمال الصاري المائل، الذي كانت له نتائج مهمة بالنسبة لتطوّر الأشرعة: نراه على أختام البينغ (1242)، ويسمار (1250) وكييل (القرن الثالث عشر).

لقد طُرحت مسألة الدفّة أكثر من مرّة ولكن لا يبدو أنّها حُلّت بصورة حاسمة، وهناك في الواقع أكثر من مسألة متراكبة. من الناحية التقنية يبدو الأمر سهلاً ظاهرياً، ففي الواقع نستبدل الدّفتين الجانبيتين بالدّفة حاملة السكّان كما نعرفها اليوم. ولا يتّفق التقنيون جميعاً حول الفعالية الحقيقية للتقنية الجديدة لا سيّما أنّ تطوّر الشراع كان يسمح بمعظم عمليات التوجيه، تماماً مثل الملاحة بواسطة التجذيف. ثمّ أنّ هناك مسألة التأريخ والأصل، إنّ أوّل وثيقة قدّمها لنا جرن معمودية من كاتدرائية وينشستر، ويحتمل أن يكون عملاً نُفّذَ في بلجيكا نحو العام 1180. ولم يشأ البعض أن يرى في الدفة المصورة فيه أكثر من دفة جانبية، حيث العضو الفعّال يتواجد على جانب المركب نحو الخلف. وهناك صورة على ورقة جدران كنيسة فايد Fide في غوتلاند، تعود إلى القرن الثامن عشر، حيث نرى بما لا يقبل

الشكّ دفّة خلفية. ثم هناك ختم إلبينغ وأقدم نموذج عنه يعود إلى العام 1242، ومصغّرة إسبانية من العام 1350. كلّ هذه الشواهد تثبت أنّ الدفّة حاملة السكّان ولدت في بحار الشمال، بين نهاية القرن الثاني عشر ومنتصف الثالث عشر، دون أن تبدو واسعة الإنتشار: في الواقع بقيت صور الدفّة الجانبية هي الغالبة لوقت طويل، حتّى في عزّ القرن الثالث عشر. من جهة أخرى، هناك مصغّرة فارسية من منتصف القرن الثالث عشر تمثّل دفّة خلفية وحيدة. في الواقع يصعب الوصول إلى نتيجة حاسمة بهذا الصدد.

إذن يُسمح لنا بالافتراض أنّ هذه التعديلات أدّت إلى نوع من سفن الشحن راج كثيراً انطلاقاً من القرن الثالث عشر، إنّه كوغ Kog منطقة الهانسا Hansa. لقد اشتُقّت هذه السفينة من السفن التجارية الشمالية رغم أنّه لا يُتفق بشأن أصلها ولا شكلها العام. نرى على ختم إلبينغ، من العام 1242، سفينة واسعة الصدر غير محدّدة الحجم، مدى ملاحتها مرفوع وتأزيرها تم بواسطة تراكب الألواح وتجدر الإشارة إلى وجود الصاري المائل والدفّة الخلفية. كذلك نرى على أختام ويسمار وهاردويك، ومدن أخرى حكمتها الهانسا، سفناً من النوع نفسه. أمّا ختم إلبينغ العائد إلى العام 1350 فيعطي صورة أفضل لها. مقدّم ومؤخّر مستيقمان حتّى الصالب، مسحوب مياه قوي ومستوى جانبي طويل. وقد تأكّدت مؤخراً كلّ هذه الافتراضات بواسطة اكتشاف سفينة من نفس النوع في رمال ڤيسير Weser، في بريمن Brême. ألم تكن هذه السفينة، من حيث تضمنها لعدد من التجديدات، وراء ثروة الهانسا؟

أمّا دراسة البحريات المتوسّطية فتبدو أصعب. هناك مخطوطتان يونانيتان من نهاية القرن التاسع تقدّمان نقطة الانطلاق حيث تصفان على ما يبدو زوارق صغيرة على شكل السفن التجارية في ذاك العصر وهي تتضمّن تجديداً لا يمكن إنكاره: الشراع اللاتيني، الثلاثي، مجهول المصدر. هناك فسيفساء في كنيسة القديس مارك في البندقية تقدّم أيضاً استحداثاً إضافياً هو تجزئة الأشرعة ومضاعفة عدد الصواري. نحن هنا بصدد سفن بثلاثة صوار وبدفّة مزدوجة. عام 1268 عند استعداده للحرب الصليبية طلب سان لويس مراكب من البندقية وجنوى. كان طول مراكب البندقية يبلغ 25,8 م، طول الصالب 17,4 م، العرض 6,45 م والقعر 6,60 م. كانت تتمتّع بجسرين كاملين وبجسرين قصيرين في الخلف معدّين من أجل القمريّات. أمّا سفن جنوى فكانت أقصر، ويبدو أنّها كانت تمثّل سفن تلك المنطقة التجارية في ذلك العصر. غالباً ما نرى على المصوّرات سفناً بصاريين يميل الأمامي منهما نحو مقدّم السفينة، وهناك حامية تقوم على المؤخر وكذلك طرف أمامي على صدر السفينة، أمّا الأشرعة فكانت من النوع اللاتيني.

لسنا نعرف كثيراً السفينة المتوسّطية الحربية في ذلك العصر، كان هناك قوادس بجناحين مرفوعين في الخلف، والقاطعة الأمامية كانت مرفوعة عن مستوى البحر. كما حلّ الدرمند محل السفينة ثلاثية المجاذيف.

ما هو مهمّ في نهاية فترتنا هذه هو تداخل التقنيتين. عند نهاية القرن الثالث عشر وصلت السفينة التجارية المتوسّطة إلى بروج Bruges، وعام 1304 دخل قراصنة البايون Bayonne إلى البحر المتوسّط على متن كوغ ومنذ بداية القرن الرابع عشر عرف البر المتوسّط في الوقت عينه الشراع المربّع والدّفة حاملة السكّان.

إذا كان تطوّر السفينة بطيئاً فهو على الأقل متواصل أي أنّه لم ينقطع عن التقنيات القديمة. وكان أيضاً مهمّاً، خاصّة في ميدان السفن التجارية الذي قدّم، منذ القرن الثالث عشر، سفناً أكثر تكيّفاً مع شحن البضائع.

لقد حقّق تاريخ الصناعة المعدنية تطوّرات كبيرة منذ عشرين سنة، وذلك بفضل التنقيبات المنظّمة في عدد من البلدان، إلاّ أنّه ما زالت هناك بعض الشكوك: فاستثمارات العالم الروماني هي دون شكّ معروفة أكثر من المنشآت في القرون الوسطى، والتفسير الذي سوف نقدّمه ليس حاسماً بالطبع، وهو يستند على بعض الاكتشافات الأثرية وعلى نصوص ما يزال تأويلها غير أكيد.

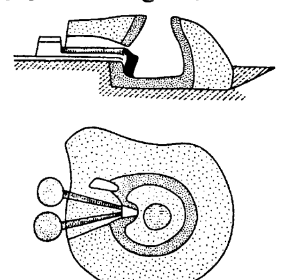
من الصعب جدّاً أن نحدّد موقع بداية العصور الوسطى، أي الفترة ما بين الغزوات الكبيرة والعام 1000، بالنسبة لتطوّر التقنيات المعدنية. ويمكن إجراء ملاحظتين بهذا الصدد.

يعتقد بعض المؤرّخين أنّ الغزوات البربرية ساعدت في تراجع التقنية، فالبربر المعتادون على تقنياتهم الخاصّة كانوا يهملون تقنيات البلدان المفتوحة. ويبدو، كما يقول م. تايلكوت M. Tylecote، أنّ التقنيات الساكسونية بدأت من حيث تركها أهل العصر الحديدي الأوّل. ولقد كشفت بعض التنقيبات في إيرلندا عن آثار لمواقد منخفضة من النوع الحوضي في معظم المحارف بين القرنين السادس والثامن، والشيء نفسه في اسكتلندا. وقد استمرّت هذه التقنيات القديمة حتّى ملء القرون الوسطى.

وهناك بقايا أثرية وجدت في تشيكوسلوفاكيا؛ في زيليشوفيس Zelechovice، كان المحرف في القرنين الثامن والتاسع يتضمّن أربعة وعشرين موقداً، مع قناة واصلة من أجل لمّ الحثالة. كانت الأفران تحفر في الطمي وتُطلى من الداخل بطبقة ثلاثية من الصلصال المقاوم. كانت الحرارة عند طرف الماسورة تبلغ نحو 1400°. إذن كانت عملية النفخ اصطناعية. وتعود أفران زيروتين Zerotin إلى القرن العاشر؛ وهي على شكل تجويف مطلي بالصلصال الأحمر. في رادتيس Radetice هناك محرف حديد من القرن الثالث عشر

يتضمّن أفراناً ذات بئر قطره الداخلي 30 سم والخارجي 130 سم، والإرتفاع المفترض من 1 إلى 1,3 م، الجدران كانت من الحجر الصخري وكان هناك فتحة من أجل تفريغ الحثالة أمّا النفخ فكان اصطناعياً.

وهناك تنقيبات جرت في إنكلترا أبرزت العديد من المحارف، هكذا مثلاً في وست رانتن West Runton، قرب كرومر Cromer، حيث نجد محرفاً يعود إلى القرن الثالث عشر أو الرابع عشر. الموقد المنخفض يبدو من النوع الأنبوبي المنخفض أو من النوع الحوضي، مع جهاز لسبك الحثالة. وفي هاي بيشوبلي High Bishopley، دارهم Durham، كان المحرف في القرن الثالث عشر يتضمّن فرنين حوضيين ومصهراً على شكل فهر مدهون بالصلصال المشوي جيّداً: إنّه على الأرجح الموقد المنخفض ذو القبة (شكل 8).

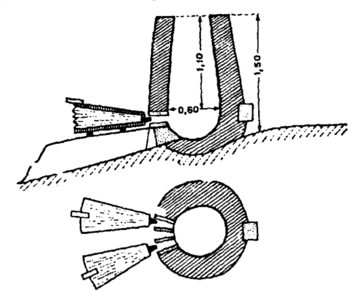


شكل 8 ــ موقد منخفض من النوع القديم
هاي بيشوبلي (دارهم Durham)، القرن الثالث عشر

عن هذه المعطيات التقليدية انبثق تطوّر مزدوج. الأوّل يتّجه نحو ما نسمّيه الحدادة الكاتالونية، فمثلاً محرف بايسدايل Baysdale شمالي أورشاير Orshire، من القرن الثالث عشر، يظهر أربعة مواقد من النوع الكاتالوني. مبنية من الصلصال والحجر مع منافخ يدوية وجهاز لسبك الحثالة.

التطوّر الثاني وهو الأهمّ أدّى إلى ما اصطلح على تسميته بالأتون، ونعطي مثلاً عليه مصهر رادتيس الذي سبق أن أشرنا إليه. كان توسيع أبعاد الفرن من أجل الحصول على إنتاج أكبر يتطلّب بناء فوق الأرض، من مادّة أشدّ مقاومة ومع ثقب في الأسفل. هذا الفرن كان من النوع الدائم. ويعود الجهاز الذي اكتشف في لاندرتال في ألمانيا والذي وصفه ج. جيل

J.W. Gilles، إلى السنوات 1000-1100، وهو مصنوع من غرين صوّاني يغطي شيئاً يشبه سلّة مصنوعة من شرائح خشبية ويُشوى فيما بعد. إنّه إذن بئر على شكل مخروطي، أمّا الموقد فكان ملبّساً بحثّ رملي جاء من خرب العهد الروماني. وكان هناك ثقبان للنفخ (شكل 9.



شكل 9. فرن لانترهال (منطقة السار)
نحو *1000-1100*

شيئاً فشيئاً بدأ الجهاز يأخذ أهمّية أكبر وأصبح يُبنى كلّياً من الحجر. لسوء الحظّ لا نملك حالياً أيّة وثيقة مكتوبة أو مصوّرة أو أثرية تسمح بإعادة بناء تطوّر بطيء بلغ أوجه في النصف الثاني من القرن الثاني عشر. إنّ تقدّم تنظيم الإنتاج الذي انتقل من المرحلة الجماعية إلى المرحلة الفردية، والالتزامات العديدة بالاستثمارات التي بدأت في جميع البلدان الغربية نحو العام 1140، تفسّر دون شك تطوّر التقنيات هذا.

العنصر الأخير هو ظهور طاحونة الحديد التي سبق أن ذكرناها. إنّ جهازاً كهذا ذا إنتاجية أكبر بكثير من إنتاجية الحدادة اليدوية يؤكد حتماً زيادة في الإنتاج. ويبدو أنّ هذه الأداة الجديدة تعود إلى النصف الثاني من القرن الثاني عشر. إذن لا ريب في أنّ هذه الحقبة شهدت مروراً من الإنتاجية البدائية إلى بداية إنتاج صناعي، وهنا يكمن تحوّل مهمّ في التقنيات يتوازى مع تحوّل في الإنتاج وفي استعمال المعدن.

كانت الأبحاث حول الصناعات النسيجية عديدة لدرجة تجعلنا نعتقد أن تقنيات القرون الوسطى في هذا المجال تقنيات معروفة. وهناك مؤلّف من و. إندري W. Endrei يوضّح عدداً من النقاط التي بقيت طويلاً مبهمة ومظلمة. لقد كانت العصور الوسطى في البداية تستمر في ممارسة التقنيات النسيجية القديمة دون تغييرات تُذكر، لا في المواد المستعملة ولا في الأدوات أو الأجهزة المعتمدة: يبدو أنّ بعض التحوّلات الخجولة جرت بين القرنين

العاشر والثاني عشر ولكنّ التحوّلات الواسعة والعميقة جرت خلال القرن الثالث عشر.

ثم سرعان ما ظهرت أنسجة جديدة: القطن والقنّب مع تقنيات خاصّة للتحضير، والحرير وكان سلعة مستوردة مجهولة المصدر. القطن دخل إلى الحضارة الغربية عند مغيب الإمبراطورية الرومانية، وبدأت زراعته في إسبانيا في القرن الثامن وأخذ يُحوّل إلى شبيكة في القرن الثاني عشر في فرنسا وفي شمالي إيطاليا. الحرير الذي كان معروفاً في عهد الإمبراطورية بقي نسيجاً نادراً وثميناً، ثمّ كانت القزازات البيزنطية في اليونان وفي سوريا (القرن السادس ـ الثامن)، وقزازات العرب في صقلّية وفي إسبانيا (القرن الثامن ـ العاشر)، التي قدّمت مادّة أوّلية أغزر بكثير. والسبب الذي يكمن خلف التفتّح المفاجىء في صناعة الحرير في لوكّا Lucca انطلاقاً من القرنين الحادي عشر والثاني عشر يعود إلى تمركز النسّاجين والصباغين اليهود واليونانيين في صقلية أو المدن الإيطالية الجنوبية المجاورة. أما القنب فلم يكن قد استخدم في العصر القديم إلاّ في صناعة الحبال، واستعماله في الثياب لا يعود إلى ما قبل القرن الثامن. كذلك ذكر البير الكبير نبتة القرّاص كليف نسيجي، الحلْفاء كانت مقتصرة على إسبانيا وقليلة الانتشار.

وكما قيل دائماً، منذ أرسطفان على لسان ليز يسترات Lysistrata، أو منذ كاتولوس Catulle، لا نملك أيّ إشارة على أقلّ تغيير جرى في تقنية غزل الصوف قبل القرن الثالث عشر. كان الصوف يُغسل دوماً في البول ثُمّ يُشطف بالماء، وكان يتمّ فتح خصلاته بواسطة التنجيد بعصا أو شبكة حبال على شكل سوط. القنّب والكتّان يُنقعان في المياه الراكدة، بالنسبة للكتّان كانت هناك طريقة المشق، وقد كشفت بعض التنقيبات عن أجران للمشق يمكننا نسبها إلى القرن العاشر. وليس لدينا من ذلك العصر أيّ شاهد على مدقّة الكتّان أو القنّب من ذلك العصر.

كانت الندافة والحلاجة خلال القرن الثالث عشر أمرين منفصلين، ويمكننا أن نميّز منذ القرن الثاني عشر سالفات الطرق المعتمدة حالياً. كان التصويف والندافة يتمّان بواسطة اللبّادة، أمّا الحلاجة فكانت عبارة عن الطريقة التي بها نستغني عن الندافة، وحتّى عن دقّ الكتّان، وكانت قديمة بالنسبة للكتّان حيث نجد نماذج عن مندف ذي قبضة تعود إلى العهد النيوليتي. ويرى إندري أنّ بداية استعمالها بالنسبة للصوف تعود إلى القرن التاسع، وبشكل أوسع إلى القرنين الحادي عشر والثاني عشر. تقنعنا من جهة أخرى صورة حلاجة الكتّان في كاتدرائية شارتر Chartres، من القرن الثالث عشر، برواج استعمال الحلاجة بواسطة القدم خلال القرن الثاني عشر.

كان المغزل البسيط الكلاسيكي الآلة الأكثر انتشاراً بالنسبة للغزل ولكن ليس

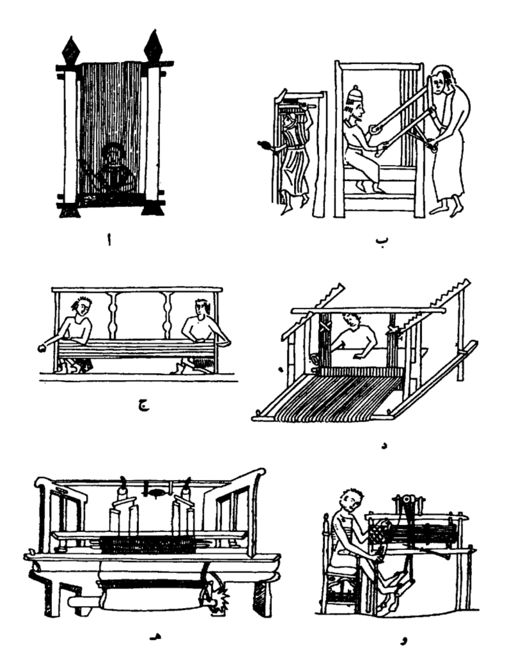
الوحيدة، وفي الواقع لا نعرف الكثير عن الطرق المعتمدة خلال القرن الثاني عشر. كان العرناس موجوداً قبل ذاك العصر ونجد في غدانسك Gdansk أمثلة كثيرة عنه تعود إلى نحو العام 1000، وأوّل صورة تقدّمها لنا مخطوطة من راباان مور Raban Maur من حوالي العام 1023. كانت إعادة اللفّ تتمّ دون شك على مغزل ذي صنّارة، مزوّد بحلقة عليا.

قد نكون بحاجة إلى فحص منهجي لمنتوجات الغزل في القرون الوسطى، فكلّ الأبحاث التي جرت بهذا الصدد كانت جزئية ومشتّتة. في معظم أنواع صرج الصوف في القرون الوسطى كان لفّ السداة يختلف عن لفّ الحبكة، وقد عرفت الأقمشة الفلامندية ميّزات هذه الطريقة، وجرى التغيير تدريجياً في غدانسك، خلال القرنين الحادي عشر والثاني عشر، بينما كان نحو العام 1000، 70% من الأنسجة مصنوعاً بخيوط متشابهة الفتل، يُسمى الفتل S. نسبة إلى العصر القديم تظهر منتوجات القرون الوسطى النسيجية التي تمّ تحليلها أخف بكثير. قبل العام 1200، كنّا نجد خيوط حرير كاملة تناقض تراجع صناعات الكتّان والقنّب.

فيما يتعلق بأنواع النسيج فإنّ تأريخاتنا تفتقر كثيراً إلى الدّقة، إلاّ أنّه يمكننا ذكر ثلاثة تحسينات مهمّة جرت في بداية القرون الوسطى وهي: ظهور النول ذي الدوّاسات، والمكّوك واللفّافة (شكل 10). لقد أدخل نول نسج القطن الأفقي وذو الدواسات عبر البلقان، وفي القرن الثاني عشر أصبح معروفاً في الأراضي السلافية وحتّى اسكندنافيا. وظهر نول نسج الشبيكة في كاتالونيا المسيحية منذ القرن الثاني عشر أيضاً: القماش الثقيل، المشدود، والدوّاسات الثلاث أو الأربع كانت تتطلّب جهازاً موزناً وبعض الصلابة.

بالإجمال كان هناك بعض التحسينات المهمّة التي أثرّت في الصناعة النسيجية قبل القرن الثاني عشر، ضمن هذا الإطار فقط يمكننا فهم الانتشار الخارق للصناعة الفلامندية، أو بشكل أوسع لصناعة أوروبا الشمالية. استعمال الفتل المختلف بالنسبة للسداة والحبكة، ظهور النول ذي الدوّاسات، واعتماد أقمشة جديدة كلّها كانت تشكل مجموعة من التجديدات القيّمة.

أما القرن الثالث عشر فقد أضاف إلى تقنية متطوّرة أصلاً تحوّلات مهمّة، مهمّة لدرجة تجعلنا نتساءل ما إذا لم تلعب الصناعة النسيجية، كما في إنكلترا خلال القرن الثامن عشر، دوارً محرّكاً أساسياً في التطوّر التقني.



شكل 10 ــ تطور نول النسيج

أ ــ نول عمودي (عن مخطوطة من القرن الحادي عشر).

ب ــ نول عمودي (عن مخطوطة من بيئا من القرن الثالث عشر).

ج ــ نول أفقي عريض مع عاملين (زجاجية من كاتدارئية شارتر، القرن الثالث عشر).

د ــ نول أفقي مع عامل واحد (زجاجية من كاتدرائية شارتر، القرن الثالث عشر).

هـ ــ نول كبير أفقي بأربع دواساته يشغله عاملان (مكتب الأنوال من ديبر d'ypres، القرن الرابع عشر).

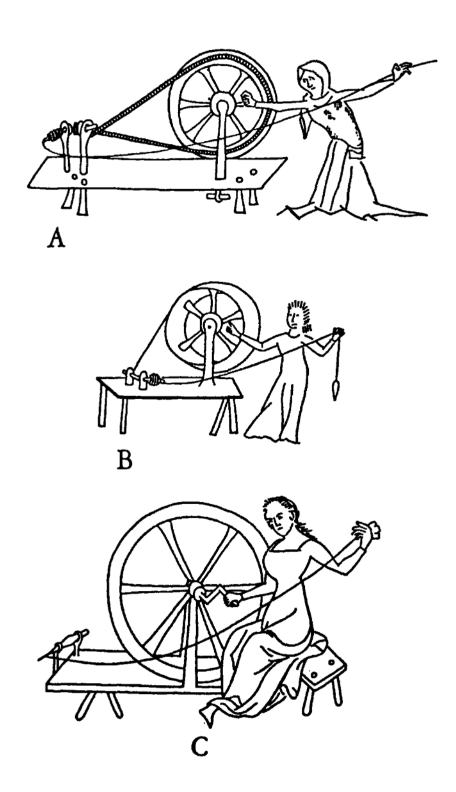
و ــ نول أفقي بدواستين مع عامل واحد

(عن مخطوطة من كامبردج، القرن الثالث عشر).

لقد غيّر إدخال الندافة معدنية الرؤوس كثيراً في عمليات الغزل، واختراع إبرة المندف المعدنية كان إمّا في فرنسا، إمّا في فلاندريا، وأوّل صورة لها لم تأتِ عن لوتريل Luttrell (1340) بل عن تمثال رائع لم يمسّ موجود في حنية عقد على باب شارتر الملكي: إذن هي تعود إلى بداية القرن الثالث عشر. وتكمن الميزة النوعية في الندافة معدنية الرؤوس في انتظام تشكّل القماشة. وفي ذلك العصر كانت سداة وحبكة الجوخ الرفيع من الصوف المحلوج، أمّا صناعة الحبكة بطريقة المندوف فكانت عبارة عن تنازل في النوعية، ولكنّها قُبلت تحت وطأة الأحداث الاقتصادية، أوّلاً بالنسبة للحبكة ثمّ بالنسبة للسداة (عام 1377 في فرنسا). كان المندف يثبّت بين الركبتين ويتمّ السحب بواسطة اليدين. كذلك كان إدخال المسحقة في عملية تحويل القنّب والكتّان على أهمّية كبيرة، وكلّ شيء يجعلنا نعتقد بانتشارها أيضاً في القرن الثالث عشر، حتّى ولو لم تكن المصادر رسمية إلاّ انطلاقاً من القرن الرابع عشر.

أمّا انتشار الغزل بواسطة الدولاب على نطاق واسع فقد اعتُبر تجديداً ثورياً، ويؤكّد البعض أنّ هذا الإختراع يعود إلى البلدان الآسيوية ويقع بين العامين 500 ق.م و 750. ويُقال أيضاً أنّ الفتح الإسلامي حمله إلى أوروبا في القرنين الثامن والحادي عشر، وأنه انتقل إلى فرنسا بواسطة النسّاجين الإسبان خلال القرن الثاني عشر. أمّا سيئات غزل الصوف على الدولاب، لا سيّما كثرة العقد، فلم تظهر على الفور، إلاّ أنّ تدني النوعية انكشف منذ أن أُخِذ الغزّللون بتزايد المردود الذي حصلوا عليه بواسطة الدولاب. عندئذٍ عمّت أنواع الحظر والحصر: عام 1224 في البندقية وشمال فرنسا، عام 1268 في باريس (بالنسبة للقطن فقط)، 1288 في آبفيل Abbeville، 1292 في سيان Sienne، 1298 في سبيرا Spire (بالنسبة للسداة فقط) وفالنسيا Valence، 1305 في دوي Douai، وعام 1308 في شمبانيْ Champagne. أمّا البلدان التي كانت تملك صناعة جوخية فقط دون صناعة قطنية فلم تعرف هذا الحظر أو المنع.

ثمّ رُفع الدولاب على مقعد، مثل النول ذي الدوّاسات، مع زيادة قطر الدائرة والمسافة بين القبّ (المركز) والمردن. تجدر الإشارة أيضاً إلى أنّ الدولاب كان يدور بواسطة اليد ولم يكن مزوّداً بدوّاسات كما أصبح فيما بعد، كلّ هذا كان يتطلّب من الغازلة أن تقف على قدميها وليس أن تجلس كما في الهند، لكنّنا نملك صوراً تمثّل غازلة جالسة (شكل 11). ويُحتمل أن تكون هذه التغييرات قد هدفت إلى تسهيل شغل الصوف ذي الخيوط الطويلة، الأقلّ مقاومة ولكن الأكثر مرونة، في الواقع كلّما كان جزء الخيط الممدود، المشدود بواسطة الفتل، طويلاً يمكننا الحصول على خيط منتظم أكثر، عبر دوران أقوى. وكان الحجم المتزايد للدولاب يُغني عن أن تُشغّل الآلة بصورة دائمة.



شكل 11 ــ دواليب المغزل

أ و ب، دولابان مع غازلة واقفة (أ، عن لوتريل Luttrell، نحو العام 1338 و ب، عن مخطوطة باريسية من القرن الرابع عشر)، ج، دولاب مع غازلة جالسة (مخطوطة من ليون Lyon، القرن الرابع عشر).

منذ بداية القرن الثالث عشر، كان يوجد شكل من أشكال جدل الحرير. كما عدّد كلّ من جان دي غارلاند Jean de Garlande في قاموسه عام 1221 وإتيان بوالو Etienne Boileau في كتابه عن الأنوال عام 1266، أنواعاً عديدة من الأدوات التي يُفترض بها أن تكون آلات للفتل. وتتضمّن قصّة المرور إلى آلات متقنة أكثر في بولونيا Bologne (بين العامين 1270و 1280) بعضاً من حقيقة أكيدة، ومنذ بداية القرن الرابع عشر أشار العديد من الوثائق في لوكّا في إيطاليا إلى أجهزة معقّدة قيد الاستعمال.

كذلك أتقنت أو ظهرت أدوات أخرى كالحلاّلة، المنبثقة عن صناعة الحرير والتي ظهرت بأشكال عدّة. وحلّت المسداة ذات الأسنان محلّ المسداة الجدارية، مرافقة الدولاب اللفّاف (زجاجية من شارتر وجدارية من الكونكيلهاوس Kunkelhaus في كولونيا Cologne، نحو العام 1300)، ويُحتمل أن تكون مسداة الأسنان هذه قد أتت من صناعة الحرير أيضاً: كانت تقوم بجعل السدى منتظماً وتزيد من الطول المسدى.

لقد رأينا أنّ اعتماد نول النسيج ذي الدوّاسات تمّ قبل القرن الثالث عشر، ويُقدّر أن تكون فلاندريا قد استعملته باكراً أيضاً وعلى نطاق واسع، إذ لطالما كانت الحاجة تدعو إلى آلة متطوّرة، عالية الكفاءة، وتقدّم في الوقت نفسه قماشاً أجود. كان الجوخ الفلامندي، بين القرنين الحادي عشر والثالث عشر، أغلى الأجواخ ولكن أفضلها. تقنية الغزل قلما تغيرت، وكان استعمال الدولاب يؤخر من مستوى نوعية الخيط، أما تقنية صقل الأقمشة وتنشيقها فكانت معروفة أكثر في فلورنسا التي ازدهرت بفضلها، وكانت الأصواف تأتي من إسبانيا أو إنكلترا. إذن المجال الوحيد الذي تباهت به فلاندريا هو مجال النسيج. النول الذي يعمل عليه شخصان كان فعلاً نتيجة تميّز الثورة التقنية في القرن الثالث عشر، وهو يتمتّع بالنسبة للنول الضيّق ذي الدواسات تقدرة كامنة على زيادة الانتاجية، هذه الانتاجية التي بلغت، منذ ذلك القرن، قيمة إنتاجية النول ذي المكّوك المتحرّك الذي جاء فيما بعد. ويعطينا كتاب دير d'Ypres، «Keurebook » من العام 1320، أصدق مثل عليها. من جهة أخرى وصف ألكسندر نيكام Alexandre Neckam، حوالي العام 1180، النول ذا الدوّاسات الذي يصنع القماش ويعمل عليه نسّاج واحد، أمّا النول الذي يعمل عليه عاملان فقد تحقّق دون شكّ نحو منتصف القرن الثالث عشر، في فلاندريا. إنّه أوّل آلة متقنة، معدّة للصنع بالجملة.

إذن كانت التطوّرات في هذا المجال مهمّة جدّاً ويمكننا تقسيمها على مراحل. كان هناك بالطبع قبل القرن الثاني عشر، تحوّلات لاحت تباشيرها من القرن الثامن ونضجت في القرن الثاني عشر، ثمّ حدثت عند منتصف القرن الثالث عشر أو بالأحرى في النصف الأوّل منه ثورة تقنية أخرى قد تكون أهمّ أيضاً. لقد بلغت إنتاجية دولاب الغزل على الأقلّ ضعف

إنتاجية العرناس، إلاّ أنّه يجب الأخذ بعين الاعتبار المادّة الأوّلية ودرجة تحضيرها، تجهيز الدولاب ومهارة الغازلة، وتجدر أيضاً معرفة مدى انتشار الدولاب. أمّا تزايد إنتاجية النول الذي يعمل عليه نسّاجان فلم يبلغ بالطبع ضعف إنتاجية الأنوال القديمة لكنّ الفارق كان ملحوظاً. إذا أضفنا إلى كلّ هذا المنتجات الجديدة، المواد الأوّلية الجديدة أو المجدّدة، يمكننا التحدّث عن زيادة كبيرة جدّاً في مجال الإنتاج النسيجي.

يمكننا هنا أن نوقف عرضنا للتجديدات التي جرت في القرون الوسطى لأنّ ما ذكرناه هو الأهمّ، التجديدات الأخرى هي هامشية نوعاً ما لأنّها فقط حلّت محلّ التقنيات القديمة إمّا عبر استعمال مواد أوّلية أكثر كمّية ممّا استعمله العصر القديم، إمّا لأنها كانت أوفر وأجود. هكذا مثلاً اعتماد صانعي الزجاج للصوديوم بدلاً من البوتاس، واستعمال الخزافين لطلاء شفّاف سمّي البرنيق أو الخزاف. والشيء نفسه بالنسبة للتقنيات المعمارية، مع تعميم استعمال الخشب والبناء المفرّغ في البيو ت وتطوّر العمارة الحجرية بالنسبة للأبنية المهمّة. وتسمح لنا غزارة الأعمال المكرّسة للهندسة المعمارية بالمرور سريعاً على تطوّر هذه التقنيات، يمكننا على الأكثر أن نذكر الحلول التي تطلّبتها إنجازات ذلك العصر الكبيرة: الانتقال من السقف الخشبي الذي امتازت به أبنية البازيليكْ الرومانية الكبيرة، إلى عقد القبّة الرومي ومن ثمّ إلى العقد القوطي طرح مشاكل عدّة من ناحية التوازن، الدعم والرصّ قلّما عرفها العهد الروماني، كما أدّى ذلك إلى مصاعب كبيرة في طريقة نحت الأحجار، ويُعتبر تاريخ هذه التقنيات معروفاً من حيث أن نواحي الفشل فيها كانت كاشفة وقد وصلتنا مع الكثير من التفصيل الذي طالما بحثنا عنه دون جدوى فيما يخص التقنيات الجارية. بالطبع لا يوجد تقنية تولد دفعة واحدة وقد تمكّن بعض المؤرخين من متابعة ولادة التعاريق وأولى بدايات القوس القوطي، لا سيّما في مورينفال Morienval. والجميع يركّز على أهمّية بازيليك سان دنيس Saint- Denis التي بدأها سوجر Suger عام 1137 «مطلقاً» العمارة الجديدة بشكل نهائي، هذه العمارة التي بلغت أوجها خلال القرن الثالث عشر.

استعمال الطاقة المائية على نطاق واسع، البيطرة المسمارية، الإتقانات النسيجية، تحوّلات الصناعة الحديدية، ظهور أنواع سفن جديدة، كلّ هذه المجموعة من التقنيات أعطت الغرب التقني في القرون الوسطى مظهراً مختلفاً جدّاً عمّا خلفه العصر القديم. إنّ ذهنية مجدّدة، عمارة وأنماط حياة لا تمتّ بصلة إلى ما كان موجوداً قبلاً، ودون شكّ مفهوماً أدقّ للتطوّر التقني هي أمور تبدو بالطبع كنتيجة لوضع نظام تقني آخر. ومن الشواهد المثيرة على هذا الأمر رسالة بايكون Bacon في بداية القرن الرابع عشر ومشروع غي دي ڤيجفانو Guy de Vigevano المدهش متصوّراً عتاداً من أجل الحملات البعيدة.

بالطبع لم يتمّ قلب كلّ شيء، وهناك تقنيات بطيئة التطوّر إلاّ أنّ أيّاً منها لم تبق راكدة.

حقل التقنيات التقليدية

من حيث أنّه كان بوسع بعض التقنيات القديمة أن تلبّي حاجات اقتصاد أكثر تطوّراً، فلم يكن من الضروري تعديلها، كان يرجى على الأكثر إجراء تكييفات مع محيط طبيعي مختلف، وتغييرات بسيطة من أجل مكاملتها مع تقنيات أخرى عرفت من جهتها تحوّلات أعمق.

من ضمن كلّ التقنيات، الزراعة هي التقنية التي تجد الصعوبة الأكبر في التحوّل، وأسباب هذا الركود في التقنيات الزراعية بديهية: فهي في الواقع ميدان الشعوب المتفرّقة، والأقلّ ثقافة. بالطبع كان التزايد السكّاني يستدعي منتوجات أغزر، وكان بإمكان زراعة خفيفة ـ وقد بدأت الاستصلاحات الكبيرة نحو منتصف القرن الثاني عشر أيضاً ـ أن تجيب عن احتاياجات جديدة، أقلّه إلى درجة معيّنة. وبفضل تطوّر الصناعة الحديدية كان بالإمكان وضع جهاز أدوات مهمّ في متناول المزارعين، وربّما هنا يكمن سرّ زراعة القرون الوسطى الأساسي، أكثر من المناوبة الزراعية كلّ ثلاث سنوات التي كانت تترك ثلثاً من المساحات الزراعية دون إستعمال. إنّ طرقاً كهذه ليست ممكنة لو كانت المساحات أقلّ والأراضي أفقر بشكل عام. وقد ذكرنا أيضاً كلّ ما تقدم للقرون الوسطى من مياه وفيرة وغابات ومراع أغنى.

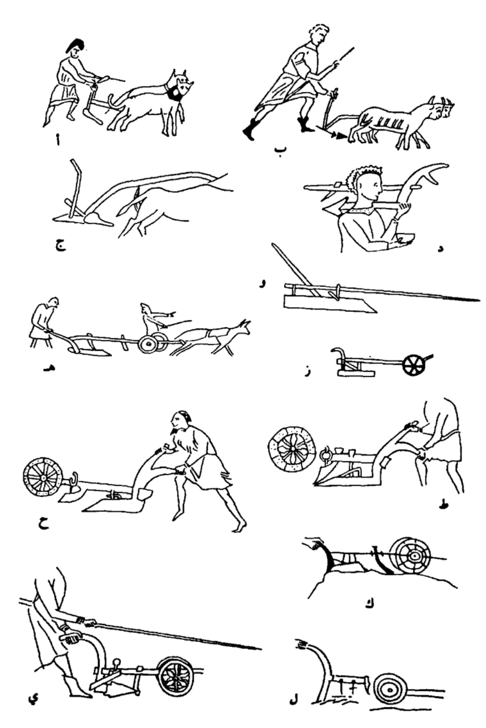
تقريباً كلّ النباتات المزروعة في القرون الوسطى كانت تُزرع في العصر القديم الكلاسيكي، أما النباتات القليلة الجديدة والتحسينات البطيئة في الأصناف الموجودة فلم تحدث تحوّلاً ملحوظاً. إنّ ظهور نبتة النضم يبقى غامضاً: هذا الزرع الذي أتى من أوروبا الشرقية لم تبدأ زراعته في الغرب قبل نهاية القرن الثالث عشر، وقد بقي نادراً حتّى عند منتصف القرن الرابع عشر. وهناك وثيقة من بييان لوبريف Pépin le Bref، من العام 768، تذكر الجنجل الذي يعتقد البعض بمجيئه مع الغزوات بين القرنين الثالث والسابع، وقد بقي طويلاً زرعاً ثانوياً معدّاً لتعطير الجعة. الذرة البيضاء ذُكرت خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر في شمالي إيطاليا وفي فرنسا الجنوبية. أمّا النباتات الجديدة الأخرى فلم تُذكر إلاّ عند نهاية فترة القرون الوسطى: الأرز مثلاً في إيطاليا وفي جنوب السهل الهنغاري، وقصب السكّر على ضفاف البحر المتوسّط. النباتات البقلية بقيت هي نفسها، إلاّ أنّه يمكننا أن ننسب إلى القرون الوسطى الثوم القصبي الذي ورد في الكتاب المجمعي De villis، والكروياء، والحرّف أيضاً. إذن كما نرى كانت التجديدات على أهميّة هامشية كلّياً.

كذلك كانت جهود تحسين الأصناف المعروفة محدودة وبطيئة، وقد أبرزت مؤخراً قيمة العمل الذي شهدته الحدائق العربية في قرطبة، حيث انصب الإهتمام بشكل خاص على النباتات الطبية. ويركّز جميع مؤلّفي الدراسات الزارعية على اختيار البذار وعلى عملية الإنتقاء التي يجب إجراؤها للحصول على الأفضل: لكن العلماء الزارعيين الرومان كانوا أيضاً مقتنعين بهذا الأمر. هنا أيضاً تتميّز الزراعة في القرون الوسطى بركود كبير.

لا شكّ في أنّ المناوبة الزراعية كلّ ثلاث سنوات كانت تطوّراً بالنسبة للمناوبة كلّ سنتين التي مارسها العصر القديم وبقيت رائجة في القسم الجنوبي من أوروبا الغربية. أصل المناوبة الزراعية الثلاثية وتاريخ ظهورها ومراحل انتشارها ما تزال غير معروفة تماماً، وقد أراد البعض أن يرى فيها تقنية بربرية. المعروف أنها كانت تقوم أساساً على مناوبة زرع شتائي مع زرع ربيعي ومن ثمّ استراحة للأرض على مدى سنة. وقد وجدت عنها آثار في ألمانيا منذ القرن الثامن، ولكنّها كانت ما تزال قليلة الانتشار في المنطقة الباريسية في عهد مصرّعة (لوحة متعدّدة المصاريع) سان جيرمان دي بري Saint- Germain - des -Prés، كما أنّ إنكلترا لم تعتمدها قبل القرن الثاني عشر. كان تقدّمها بطيئاً ويصطدم دون شك بالكثير من العوائق، خاصّة في عهد الاستصلاحات الكبيرة حيث كان امتداد الأراضي المزروعة يقلّل من ضرورتها. إلاّ أنّ اعتمادها ساهم بتطوّرات لها أهمّيتها، كانت استراحة الأرض تساعد على نمو تربية الماشية، تماماً كالغابة حيث كان يرعى عدد كبير من الحيوانات. كان الشوفان زرعاً ربيعياً ممتازاً وكان يُزرع على مساحات فسيحة: لقد ساهم استعمال حبوبه، المحدود في العصر القديم، في انطلاقة تربية الحصان ، الذي أصبح يُستخدم أكثر بفضل تقنيات الكدن الجديدة. وفي انطلاقتها النهائية، خلال القرن الرابع عشر، ساهمت المناوبة الزراعية الثلاثية بانتشار الحنطة، وبانحسار الذرة التي تراجعت بشكل ملحوظ.

كان العصر الروماني القديم قد مارس كلّ تقنيات تحسين الأراضي والتسميدات وتصريف المياه على نطاق واسع ولم تقدّم العصور الوسطى أيّ جديد بشأنها.

الشيء نفسه بالنسبة للتقنيات الزراعية. كان العصر القديم يعرف معظم الطرق الزراعية وجميع الأدوات المستعملة. وقد رُكّز كثيراً على تطوّر أدوات الحراثة وقيل أنّ المحراث بلغ أوجه في القرون الوسطى وذلك بفضل استعمال السكين، السكة غير المتناظرة والمقلب (شكل 12). لقد رأينا أنّ العصر القديم استعمل بشكل خاص المحراث البسيط ـ الحراثة المتناظرة ـ لا سيّما المحراث البسيط الأسناني. المقدّم ذو العجلات المتّصل بالمحراث البسيط ذُكر في القرن الأوّل الميلادي في شمالي إيطاليا، في ريتيا Rhétie، ولم يكن لدى البربر أيّ آلة أخرى: كانوا يستعملون دون شكّ المحراث البسيط ذا القبضة ـ المزحف في



شكل 12 ــ أدوات الحراثة

أ، محراث بسيط ذو قبضة ــ مزحف (مخطوطة يونانية قبل العام 830)، ب، محراث بسيط أسناني (مخطوطة يونانية من القرن الحادي عشر)، ج، محراث بسيط أسناني (مخطوطة يونانية من القرن الثاني عشر)، د، محراث بسيط ذو قبضة ــ مزحفة مع سكّين (مخطوطة ألمانية من القرن الثاني عشر)، هـ، محراث مع مقدم وسكّين (نجادة من بايو Bayeux، القرن الحادي عشر)، و، محراث بسيط (من وقف مطرانية ليل Lille، نحو العام 1270)، ز، محراث بسيط رباعي الزوايا (زخرفة-

أوروبا الوسطى ونوعاً آخر منه في الشمال. وفي فترة يصعب تحديدها ولكن يمكن أن تكون عائدة إلى مؤخر العصر الروماني، كان المرور من الحراثة المستوية إلى حراثة الأثلام يستدعي وضع المحراث البسيط منحنياً ويتطلّب استعمال سكّين، منفصل بادىء الأمر ثمّ مدموج بأداة الحراثة نفسها. وقد ساعد المقدّم المعجّل على هذا التحوّل.

منذ بداية القرون الوسطى عرفت المناطق الشمالية الأوروبية حراثة غير متناظرة بينما أبقت المناطق الجنوبية، لأسباب تقنية (سماكة التربة)، على حراثة متناظرة، فقد كانت حراثة الأرض الكثيفة غير المتناظرة تؤدّي إلى تحوّل بطيء في الأداة. وهناك تنقيبات جرت في تشيكوسلوفاكيا كشفت عن سكك غير متناظرة منذ نهاية القرن الثامن وبداية التاسع، ولكن دون ترك السكك المتناظرة. وتُظهر لنا المصوّرات بعد القرن العاشر أدوات من نوع مختلف تماماً: محراث بمقدّم معجّل مزوّد بمقبض أو اثنين وغالباً بمقلب وسكّين. إذن كان يتمتّع الشمال الغربي الأوروبي بآلة وحيدة مع بعض الاختلافات حسب المناطق. بعد القرن الثالث عشر، أصبح تاريخ المحراث العادي أكثر تعقيداً، بينما بقي ميدان المحراث البسيط راكداً نسبياً، ويُفترض بالتعديلات الرئيسية التي طالت المحراث أن تكون قد جرت في النصف الثاني من القرن الثالث عشر. وغالباً ما نلمس ولادة المحراث ذي الأذن في الرسومات من خلال وجود غصن مقوّس كان معدّاً لتثبيت السكّين: تأكّدت الأداة في بلجيكا عند نهاية القرن الثالث عشر لكنّ تقدّمها كان بطيئاً. الشيء نفسه بالنسبة لمفصل قصبة المحراث مع المقدّم والذي سمح بتعديل زاوية استهلال عمل السكة وبالتالي بالحراثة الأعمق. بالمقابل يبدو أنّه في انكلترا قد تطوّر «المحراث المهتز» دون مقدّم معجّل. كذلك أظهرت التنقيبات التشيكية أنّ السكك بدأت تأخذ عند نهاية القرن الثالث عشر وبداية الرابع عشر، أبعاداً أكبر فأكبر.

بالنسبة للتقنيات الأخرى، ما تزال معلوماتنا للحقيقة ضئيلة. يعود التخلي عن الدراسة والمحدلة واعتماد مدقّة الحبوب إلى أسباب مناخية أكثر منها تقنية محضة، فقد كان القمح يُدقّ في مستودع الحصيد لأنّ الطقس لم يكن يسمح غالباً بدقّه على البيدر.

- نسيجية من كاتدرائية جيرون Gérone، القرن الثاني عشر) ح، محراث مع مقدم معجّل، سكّين ومقلب (مخطوطة إنكليزية، نهاية القرن العاشر او بداية الحادي عشر)، ط، محراث مع مقدّم معجّل، مقبض متشعب، مسماك وسكّين (روزنامة انجلو ــ سلكسونية، القرن العاشر)، ي، محراث من نفس نوع السابق (مخطوطة من شمالي فرنسا، القرن الثاني عشر)، ك، محراث مع مقدم معجل ومقبض واحد، ونرى السكّين والمقلب (مخطوطة إنكليزية، القرن العاشر)، ل، محراث من نفس نوع السابق (مخطوطة إنكليزية من القرن العاشر).

إذن تشكّل المناوبة الزراعية الثلاثية وولادة المحراث العادي في القرون الوسطى التجديدين الكبيرين في ذلك العصر، إنّهما في الواقع ليسا أكثر من تكييفين مع ظروف طبيعية مختلفة. ونلمس هذا الأمر بسهولة عبر دراستنا لتقنيات بعض الزراعات التي لم تتغيّر، مثل زراعة الكرمة إن أردنا أن نأخذ المثل الأبرز.

أخيراً يجدر قياس مدى التطوّرات إن كان هناك من تطوّر. للوهلة الأولى يبدو أنّ تزايد الإنتاج الزراعي جاء حتماً نتيجة امتداد المساحات المزروعة وغنى الأرض بشكل عام أكثر منه بسبب ازدياد إنتاجية بعض التقنيات. لسوء الحظ نفتقر في كلّ هذه المجالات، مجالات الإنتاج الكلّي ومجالات المردود، إلى الأرقام الدقيقة التي تساعدنا على تقدير مدى التغيّر بالنسبة لزراعات العصر القديم المتوسّطية، لكن هناك كتاباً إنكليزياً من القرن الثالث عشر يذكر النسب التالية: سلت، 7 على 1؛ شعير، 8 على 1؛ حمص 6 على 1؛ حنطة، 5 على 1؛ شوفان 4 على 1. أمّا نسبة تيري ديرسون Thierry d'Hirçon في حقل الحنطة خاصّته، في غوسني Gosnay، فكانت 12,9 على 1. والنتائج كانت دون شكّ أفضل بالنسبة لتربية الماشية حيث ساهم توفّر الغذاء وتوازنه بنموّ هذا النشاط. ويبدو أنّ القرون الوسطى قد شهدت بعض الممارسات مثل الانتجاع (ارتياد الماشية لمواضع الكلأ) الذي ربّما عرفه مؤخّر عهد الامبراطورية الرومانية. وذكرت النزوحات الكبيرة رسمياً عند بداية القرن الثاني عشر لدير بونفو Bonnevaux (1122). إلاّ أنّ بعض النقاط في هذا المجال بقيت سوداء: غياب الحظائر الدائمة وصعوبات كبيرة فيما يخصّ الغذاء أو العلف الشتائي.

كان العصر القديم قد مارس الاستثمار المنجمي على نطاق واسع وحسب تقنيات قلّما تغيّرت خلال القرون الوسطى، رغم اعتماد أنواع تنظيم للاستثمارات الجديدة. بأيّ حال لقد استردّ النشاط المنجمي فعلاً انطلاقته عند نهاية القرن الثاني عشر: وتعطينا المواثيق المنجمية، المرتبطة نوعاً ما فيما بينها، عناصر معلومات مهمّة جاءت لتكمل بعض التنقيبات.

ويبدو أنّ تسلسل النصوص ولغة المناجم التقنية تدلّنا على تأثير ألماني واضح نلمسه عبر أمثلة دقيقة. إلاّ أنّ وثائقنا لا تُظهر تطوّراً تقنياً واضحاً على مدى كلّ تلك الفترة.

كانت طرق الاستثمار تختلف بالطبع حسب طبيعة الطبقات والمواد المستثمرة. كان الحديد يستثمر بشكل عام في مناجم مكشوفة، لكن اكتُشفت أيضاً مناجم حديد ذات سراديب، منذ القرن الثاني عشر في شمباني Champagne وفي دوفيني Dauphiné، وخلال القرن الثالث عشر في البيرينيه Pyrénées. أمّا التقنيات المعتمدة في طبقات الملح المنجمي فكانت خاصّة جدّاً.

معظم الأحيان كان يجب الذهاب للبحث عن العروق تحت الأرض، وحفر آبار من أجل الوصول إليها. غالباً ما كانت هذه الآبار عامودية، لكنّنا وجدنا ما كان منها منحرفاً، وكان يجدر بمقطعها أن يسمح بمرور العمّال والمواد بسهولة. على طول الفترة التي نتناولها كانت أبعاد هذه الآبار متواضعة، من 1 م إلى 1,2 م لطول القطر، أمّا عددها فكان كبيراً جدّاً، ربّما من أجل تجنّب السراديب الطويلة. كان مقطعها بشكل عام مستطيل الشكل مّما يسهّل عملية التخشيب، وكان أحياناً شبه منحرف. كان يعلوها أكثر الأحيان كوخ معدّ لحماية المدخل والخنزيرة. العمق كان بالطبع متغيّراً جدّاً، ونذكر عمق بئر منجم النحاس في ماسّا Massa، في إيطاليا، الذي بلغ ما بين خمسين ومئة متر، كان العمّال ينزلون على سلالم كبيرة ثابتة مع روافد صغيرة موضوعة على طول البئر من أجل الاستراحة.

وفي عمق الآبار تُفتح السراديب، وكانت بعض الأحيان تؤدّي إلى جوانب منحدرات التلال إذا كان الموقع يسمح بذلك (ماسّا في إيطاليا، فيكديسوس Vicdessos في جبال البيرينيه الفرنسية). كان هناك عدّة أنواع من السراديب، للمرور أو للدحرجة، للتهوية، لإخلاء الماء أو للاستثمار. الأولى كانت مختلفة الأبعاد، غالباً مرتفعة ما قدره ضعفي عرضها، وفي ماسّا كان العرض من 1,6 م إلى 1,7 م والارتفاع 1,8 م. أمّا الجوانب فكانت واضحة ومرفوعة بصورة جيّدة. في منجم الملح في سالان Salins في جبال الجورا Jura الفرنسية كان بئر أمون Amont المنجز بين القرنين العاشر والثالث عشر، ذا قنطرة نصف اسطوانية يبلغ علوّها 10,30 م. وكان ارتفاع بئر غري Grès القريب من الأوّل وذي القنطرة المضلّعة يبلغ 11 م، طوله 53 م وعرضه 16 م. أمّا سراديب الاستثمار فكانت أقلّ تجهيزاً، والسراديب الأخرى صغيرة الأبعاد.

كان شقّ السراديب وحدرها يتطلّب معلومات متقدّمة في ما يخصّ طرق التمهيد والتسوية، لكنّنا نجهل تماماً ما كانت عليه. بالطبع استعمل التخشيب من أجل الدعم، ونجد آثاراً له في منجم ماسّا. الأنظمة المنجمية من ذلك الحين تظهر أن السراديب كانت تلتقي غالباً أو ينهار أحدها على الأخرى؛ كانت هذه نتيجة تراكم استثمارات عديدة فردية نوعاً ما لنفس الطبقة. كذلك كانت الحوادث تتكرّر وترد أمثلة عنها في قصص حياة القدّيسين أو قصص الأعجوبات.

الاستثمار نفسه كان بدائياً جدّاً. تدلّنا سراديب مناجم ماسّا، وهي غالباً سراديب مطوّلة، أنّ عمّال مناجم ذلك العصر (توقّف المنجم العام 1350) كانوا على اطّلاع أكيد بخصوص امتداد المواقع المعدنية بالنسبة للاتّجاه وبالنسبة للعمق. كان أساس أدواتهم بتكوّن من مناكش الصخور، المعاول والرافعات، المطارق والأسافين. وكانت تتمتّع

المناكش التي وجدت في ماسّا برأس مفولذ ومرسوم بصورة جيّدة، وغالباً ما استعملت النار لتفتيت الصخور. وكان العمل في عروق منجم ماسّا أيضاً يتمّ على درجات مستقيمة ومعكوسة، في غرف واسعة تقام فيها دعامات.

الإنارة أيضاً كانت بدائية وقد وجدنا في ماسّا مصابيح حديدية وفخّارية تضيء بواسطة الزيت. وفي فيكديسوس كان العمّال يعملون والمصباح في فمهم: كان مصنوعاً من قرن صغير يحتوي زيتاً وفتيلاً صغيراً.

أمّا سراديب التهوية فكانت مقتصرة على هذه الوظيفة ولم يكن بوسع أحد أن يمرّ فيها. كان النقل الداخلي يتمّ على ظهر العمّال، بواسطة سلال ظهرية كما في فيكدسوس، أو أكياس من جلد الجاموس الجاموس كما في ماسّا. في البئر كان كلّ شيء يُرفع بواسطة خنزيرات ذراعية وحبال. وبالنسبة لمسألة الماء فمعلوتنا ما تزال ضئيلة بخصوص ذلك العصر إلاّ أنّه من المحتمل أنّ إخلاءها كان يتمّ، على الأقلّ في بعض الحالات، بواسطة قرب ترفعها الخنزيرات، وكان هذا الإخلاء يتمّ بسهولة خاصّة عندما نكون بصدد سراديب تؤدّي إلى جوانب المنحدرات.

في سالان، في فرنسا، لم يكن يجري رفع كتل ملح المنجم بل كان يتمّ إدخال الماء التي تمتصّ الملح ثمّ تُرفع، وبعد ذلك توضع هذه الماء الأجاج في مراجل خاصّة.

نلاحظ إذن أنّه بالنسبة للتقنيات المنجمية كان التطوّر أقلّ أيضاً منه في مادّة الزراعة: إنّ أيّاً من التقنيات التي ذكرناها لتوّنا لم يكن مجهولاً في العصر القديم، حتّى أنّ التقنيات القديمة في بعض القطاعات ربما كانت أكثر تقدّماً من تقنيات العصور الوسطى وهذا ما لمسناه بصدد إخلاء المياه. لقد بقي نزح المياه ورفع المواد يواجهان بعض الصعوبة ويحجزان الاستثمار في مستوى دون الوسط.

في مجال أجهزة القوّة بقي العتاد الروماني قيد الاستعمال دون تحوّلات كبيرة، ولا تقدّم لنا المصغّرات عن أجهزة الرفع أكثر مّما نعرفه من خلال الصور التي التقينا بها على نقيشات العهد الروماني: خنزيرات بسيطة، بكرات ومرافيع. ونرى في الواقع مرافيع بروج Bruges و لونبورغ Lünebourg عبارة عن نفس الجهاز الذي نراه على نقيشة رومانية في متحف الفاتيكان.

التجديد الوحيد، لكنّه غير أكيد، قد يكون آلة رافعة وصفها فيلار دو أونكور Villard de Honnecourt وقدّمها بطريقة جيّدة، وهي عبارة عن لولب خشب ينتهي أسفله برحوية ويدور على محاور مثبتة في الدِعمة والتاج، وهناك قائمتان منحنيتان تمسكان مجموعة القطع الأفقية.

الشيء نفسه في مجال المكابس حيث بقيت آلات العصر القديم تُستعمل دون تغييرات كبيرة. كانت الأجهزة الخنزيرية أو اللولبية هي الأكثر تداولاً. هكذا مثلاً بالنسبة لمعاصر النبيذ الواردة بوفرة في أيقونات القرون الوسطى؛ ولا نزال نراها في أيّامنا حيث لم يتغيّر هذا النوع من الأواليات. وتذكر النصوص أجهزة أخرى، دون أن تعرّفنا بالضبط على طبيعتها وتكوينها: آلة لتقويم الأبنية المنحرفة، آلة لإطلاق السفن.

إذا وضعنا الصناعة المعدنية جانباً يمكننا القول أنّ تقنيات النار لم تعرف أكثر من تطوّر بطيء للغاية، وقد بقيت الأفران والمحروقات من جهة أخرى، وهي العناصر الأساسية، هي نفسها، وحده اختيار المادّة الأوّلية والطرق المعتمدة لتحضيرها كانت مادّة لتجديدات طفيفة. كما أنّنا نفتقر كثيراً لمعلومات دقيقة حول الخزف في القرون الوسطى، إلاّ أنّ الاستفادة من الإكتشافات، التي تتواصل منهجياً منذ بعض السنين سوف تقدّم لنا في المستقبل القريب دون شكّ دراسات لها أهمّيتها. كان الخزف الكامد المصنوع من خليط من الصلصال والرمل المجبولين، دائماً قيد الاستعمال، في حين أنّ الخزف اللمّاع، الذي كان مقدّراً في العصر القديم، اختفى تقريباً بشكل كلّي. كانت المشكلة الكبيرة تتعلّق بمساكة الخزفيات، وقد ظهر في عهد السلاكة الكارولينجية طلاء شفّاف، قوامه الرصاص، سمّي بالبرنيق أو بالخِزاف. إذن لم يكن هذا الطلاء يخفي الزخارف التي توضع على الغرض نفسه. وكان هذا الخزف المبرنق عبارة عن الخزف المتداول في العصور الوسطى (بلاط، أوان، أوعية).

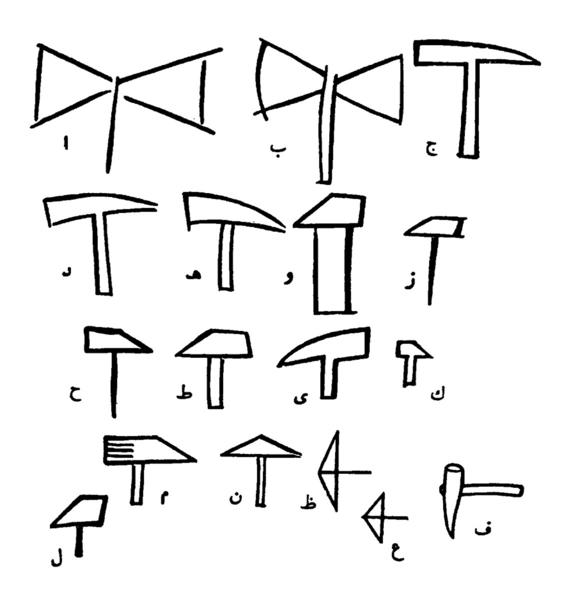
يبدو أنّ شغل الزجاج قد خفّ نوعاً ما خلال الفترات الأولى من القرون الوسطى، والاشارات إليه قليلة على أيّ حال. يؤكد الراهب تيوفيل Théophile، بالنسبة للقرن الحادي عشر، على تمكّن معيّن من هذا الفنّ. المواد الأوّلية المستعملة كانت نفسها: رماد نباتي (لا سيّما من الزان ومن الخنشار) ورمل. لم يكن بالإمكان صنع سوى أكواب صغيرة الأبعاد، ممّا يفسر الزجاجيات. أمّا بالنسبة للألوان فإنّنا لسنا على اطّلاع كاف على المواد المستعملة، يحتمل أن يكون عند نهاية القرن الثاني عشر قد تُرك البوتاس الناتج عن ترميد النباتات لصالح الصوديوم، كذلك كانت تلك المواد تتضمّن نسباً عالية من الألومين وأوكسيد الحديد. حسب الراهب تيوفيل، كانت البوتقات تحتوي على حوالي 65 كلغ من الزجاج وتعطي قوالب محدودة الأبعاد. تدلّ الفقاقيع والأخاديد على عملية تنقيه غير كاملة: كان المدّ البدائي ينتج نوعاً من الحدبات. في الواقع أنّ الاستعمال الأكبر للزجاج في العصور الوسطى يتعلّق بتغيرات في الظروف المناخية أكثر منه بتطوّر تقني معيّن. كانت المناطق الأكثر إلى الشكال تتطلّب طبعاً تسكيرات أكثر إحكاماً.

لا داعي للتذكير بأنّ العصر القديم عرف الملح البحري الحاصل عن طريق التبخّر تحت أشعّة الشمس، لقد عرفت القرون الوسطى التقنيات نفسها وحتّى في مناطق شمسها قليلة الظهور لا سيّما في البلطيق، واستمرت بالمقابل مصادر الملح الأرضية أي مناجم الملح: في شرق فرنسا، في ألمانيا في منطقة لونبورغ Lünebourg، في بولندا في فيليتزكا Wieliczka، وفي ترانسلفانيا. لا شكّ في أنّ كلّ هذه المناجم استُغلّت منذ القرن الثاني عشر، وربّما قبل ذلك مثل سالان Salins. لقد ذكرنا أنّ الملح كان بشكل عام يُغمر بالماء، بعد رفع هذه الماء إلى السطح كانت تنقل عبر قنوات خشبية نحو الأوعية حيث تواجه بداية عملية تركّز، ثم نحو المراجل. وكانت المراجل مصنوعة من صفائح حديدية تجمعها دسر ومسامير، وذلك منذ القرن الحادي عشر. كانت الأفران مغروزة في الأرض وكانت العملية تأخذ ما بين اثنتي عشر وثماني عشرة ساعة، مع نيران تتفاوت قوّتها حسب الطقس، وكان يتمّ تكليس جوانب المراجل من أجل تجنّب ذوبان الملح. كانت هذه التقنيات مجهولة في العصر القديم والمفروض أنّها ظهرت في أوروبا الغربية خلال القرن العاشر.

التقطير كان قديماً، وقد رأينا أنّ مدرسة الاسكندرية استعملته دائماً. كذلك استخدمه العرب كثيراً في صناعة العطور. عبر العرب ومع التحسينات التي أضافوها إليه عرف الغرب عملية التقطير. وقد تمّ التخلّي عن المكثّف الاسكندراني، على شكل قلب والذي بقينا مع هذا نراه حتّى عصر النهضة، واستعمل عوضاً عنه الأمبيق الحديث، المزوّد بمصبّ أنبوبي على شكل بريمة، أو ثعبان أو نابض، يغطس في وعاء تجري فيه الماء الباردة. عندئذٍ استطاع مقطّرو سالرنا Salerne أن يصنعوا الكحول، وهي إحدى أسس التقنيات الكيميائية، منذ بداية القرن الحادي عشر، وقد تحسّنت صناعتها بفضل استعمال المجفّفات مثل كربونات البوتاس.

كانت التقنيّات الكيميائية في القرون الوسطى، والتي درسها جيّداً الكيميائي برتيلوه Berthelot، ما تزال بدائية جدّاً. وكان عدم تمكّن ذلك العصر من تحديد ميزات المواد على وجه الدقّة يمنع بالطبع أيّ تقنية معقلنة، كذلك كانت المواد الأساسية قليلة العدد. نحو منتصف القرن الثاني عشر أمكن، عبر تقطير خليط من ملح البارود والشبّ والزاجّ، إنتاج الحامض النيتريك الذي كان الحامض الوحيد الذي استعمل بانتظام خلال تلك الفترة.

المواد الكيميائية التي راجت كانت الملونات التي شكّلت، مع العقاقير، النشاط الرئيسي لما لم يكن بعد بالإمكان تسميته بالصناعة الكيميائية. من أجل تلوين الزجاج كانت تُعتمد فقط الملوّنات المعدنية: أوكسيد الكوبلت للأزرق، النحاس للأحمر



شكل 13 ــ مطارق لنحت الأحجار

أ، ب، Schottenkirche de Regensburg (القرنان الحادي عشر والثاني عشر)، من ج إلى هــ دير ماولبرون Moulbronn (القرنان الثاني عشر والثالث عشر)، من و إلى ط، كاتدرائية فريبورغ Fribourg (القرن الثالث عشر)، ي، كاتدرائية ستراسبورغ Strasbourg (القرن الثالث عشر)، ك، كاتدرائية ريجينسبرغ Regensburg (القرنان الثالث عشر والرابع عشر)، ل، Sankt Sebald de Nuremberg (القرنان الثالث عشر والرابع عشر)، م، كاتدرائية ستراسبورغ (1250 _ 1275)، ن، كاتدرائية ريجينسبرغ (القرنان الثالث عشر والرابع عشر)، ظ، خورس كنيسة سان سولبيس دييست Saint - Sulpice de Diest (القرن الرابع عشر)، ع، الباب الغربي لكنيسة سان سولبيس دييست (القرن الرابع عشر)، ف، كاتدرائية ستراسبورغ (1250 _ 1275).

والأخضر، المنغنيز للأرجواني والبنفسجي. أمّا الصناعة النسيجية في القرون الوسطى فقد استخدمت نفس ملّونات العصر القديم. إذا كان الأزرق ينتج عن ذلك الحجر القاسي المسمّى باللازورد فإنّ الألوان الأخرى كانت غالباً نباتية المصدر: كان ورد النيل يعطي اللون النيلي، نبتة الفوّة كل أنواع الأحمر، خشب البقّم الزهري، البليحاء الأصفر، وجوزة العفصة الأسود. كانت الأصبغة غير متساوية وغير ناجحة بشكل عام، وكان يجب من أجل الصباغة إعطاء الأقمشة تجهيزاً خاصاً هو التخضيب الذي كان يعتمد بشكل خاص على الشبّ.

اكتساب القرون الوسطى الكبير في هذا المجال، أيّ مجال المواد الكيميائية، كان البارود، ولكن قلّما نجد نصوصاً وصوراً دقيقة فعلاً توضّح الأسرار التي اكتنف بها اكتشاف المتفجرّات، وقد يكون البارود مستورداً من الشرق الأقصى كما قد يكون محلّي المنشأ. ولم يكن ألبير الكبير يعرف استعمال ملح البارود إلاّ من أجل صناعة حامض النيتريك، وبالرغم من التأكيدات القاطعة، لا يبدو أنّ بايكون عرف البارود. ولا يُستبعد أن يكون البارود قد ولد نوعاً ما بالصدفة نتيجة طرق مختلفة لتصفية ملح البارود أو نيترات الصوديوم.

لمن المؤسف أنّنا لا نملك قائمة بأدوات القرون الوسطى، ربّما يسمح لنا الإطلاع المنهجي على بعض الأيقونات، كما قلنا، بوضع قوائم من هذا النوع. وبأيّ حال يظهر لنا مثل أدوات البناء مدى الفائدة التي يمكننا استخلاصها منها (شكل 13). إذن لو كان لدينا قائمة كهذه وكان بوسعنا مقارنتها مع قوائم مشابهة من العصر القديم ـ كالقوائم الممتازة التي قدّمها لنا بلومنر Blümner ـ، نستنتج استمرارية ملحوظة بالنسبة لجميع فئات الأدوات. إذا كان المنجر معروفاً من قبل العصر القديم، عكس ما يؤكد رأي شائع، فمن المحتمل أن لا تكون بعض الأدوات قد ظهرت إلاّ في القرون الوسطى؛ هكذا مثلاً بالنسبة للمشعب في حين أنّه لم تكن تُعرف قبله المثاقيب ذات القوس أو ذات الوتر. وتثبت المصوّرات القديمة لأدوات الحدادة (خزفيات إغريقية، مسلاّت رومانية أو غالية ـ رومانية) استمرارية جهاز الأدوات بمجمله، وربّما تتابع التشابه حتّى ألواح «الموسوعة» L'Encyclopédie. لسوء الحظّ، لا يمكننا بسبب نقص في المادّة الوثائقية الدقيقة أن نقول أكثر من هذا. وقد كُتب مؤخراً أنّ «كلّ الأدوات رومانية الهوية بقيت هي نفسها تحت أشكال بالكاد مختلفة».

مع هذا يعتقد بعض المؤلّفين بأنّه انطلاقاً من القرن الثالث عشر بدأ حدوث تحوّل في جهاز الأدوات أخذ يكبر حتّى القرن السادس عشر. إذن ربّما كانت نهاية الفترة التي نتناولها

تتطابق في هذا المجال مع بداية تطوّر ما، إلاّ أنّه تطوّر يصعب تحديده ولا نملك عليه أكثر من إشارات طفيفة. كانت الفأس الكبيرة القاطعة، التي استُعملت غالباً كسلاح حربي، تتمتع بنصل متناظر ومحوري: لكنّ الحلقة تخرج من النصل كي تشكّل أنبوباً توضع فيه القبضة بالتقاطع، وهو يتجاوز النصل ممّا كان يعطي متانة كبيرة للأداة. بالمقابل فإنّ الفأس المجنّحة، التي كانت واسعة الانتشار في العهد الغالي ـ الروماني، اختفت في القرن الثاني عشر. المناشير الرومانية بقيت على حالها حتّى أوج القرون الوسطى، وانطلاقاً من القرن الثالث عشر، كما تدلّنا المنتوجات المصنوعة، أضيفت إلى المناجر مستقيمة الحدّ كمّية كبيرة من المناجر الأرقّ، ضيّقة ومجنّبة الحدّ. ففي الواقع تميّز أثاث ذلك العصر وأبوابه وهياكل المساكن الداخلية بتنوعات كثيرة تطلّبت أدوات خاصّة جدّاً. كذلك أمكننا تمييز تطوّر في أنواع السندانات حيث اجتاح السندان الكلاسيكي ذو الرأسين الحدادة والبيطرة. كلّ هذه الإشارات المنعزلة تسمح لنا إذن بتأكيد حركة تميل إلى إكمال جهاز أدوات موجود، وموجود منذ وقت طويل، أكثر منه إلى تعديل هذا الجهاز.

من حيث أنّ التقنيات الزراعية تتمتّع بأهمّية أساسية في الحياة الاقتصادية في القرون الوسطى، ومن حيث أنّ الحرف ذات الأدوات التقليدية كانت هي السائدة، يمكننا بسهولة أن نأخذ بعين الاعتبار مدى بطء التطور في هذا الحقل التقليدي.

لكن لا يجب الوقوع في الالتباس. إنّ تقييماً شاملاً يسمح لنا في الواقع بإقامة التوازنات وبقياس مدى تجديد النظام التقني على وجه الدقة.

لقد سمح استعمال المصادر الطاقية الأغزر في بعض الميادين بتزايد الإنتاج على درجة واسعة إن من ناحية تقديم المواد الأوّلية لبعض الصناعات ـ ونأخذ كمثل طواحين الدباغ أو طواحين البستل ـ، إمّا لإتمام صناعات كانت قد تطوّرت في الخفاء: وأفضل مثل هنا هو المطرقة الهيدرولية أو طاحونة الشحذ في الصناعة الحديدية، اللتان سمحتا بتزايد إنتاج المعدن، أو الطاحونة الدعّاكة حيث كانت نتيجة عملها عبارة عن تحوّل تقني مهمّ في الصناعة النسيجية. أمّا في مجال الصناعات الغذائية فقد سمح اعتماد الطاقة الهيدرولية في بعض الحالات بإنتاج لبّى التزايد السكّاني: طواحين القمح، الزيت، الخردل، والجعة.

فيما عدا ذلك أدّى التجديد إلى استثمار أكمل للموارد التي كانت توفّرها ظروف طبيعية مختلفة عن ظروف العصر القديم. لقد سمحت المناوبة الزارعية كل ثلاث سنوات، وظهور المحراث الثقيل ذي المقلب والحراثة غير المتناظرة لأرض أغنى وأكبر بتقديم إنتاج أغزر بكثير. إذن يمكننا القول أنّ التطوّر التقني خلال القرون الوسطى قام على استثمار هذه

الموارد الطبيعية الأكثر اختلافاً والأوفر. وتوازناً مع هذا، سمحت التعديلات في تقنيات النقل بنشر هذا الازدهار إلى كلّ مكان. كذلك كانت الظروف الطبيعية خلف تربية الماشية، من ناحية العدد وبالطبع أيضاً من ناحية النوعية.

هناك أخيراً ظروف مناخية، خاصّة فيما يتعلّق بكمية الأمطار وبدرجات الحرارة، استدعت أحياناً تحوّلات مهمّة وكبيرة بعض الأحيان: فمثلاً لم يعد بناء المنازل وتوزيعها، شكل السطوح وبنية الهياكل نفس ما كانت عليه في روما أو في أثينا.

يقودنا هذا إلى التفكير بأنّ النظام التقني الجديد كان نوعاً ما ضرورياً؛ ولكن فيما يتعدّى هذا الأمر كانت هناك مستلزمات داخلية. فمثلاً كان من الضروري إلغاء تلك البالوعات التي استعملت قبل الطاحونة: وإلاّ تفقد التقنية الجديدة، في طور معيّن من الصناعة، أيّ أهمّية لها أو تقلّل منها. كذلك لم يكن بالإمكان تصوّر زيادة الإنتاج الحديدي دون إقامة توازن معيّن بين مختلف مراحل عملية الصناعة الحديدية، ولا تصوّر إطلاق هذه الصناعة دون تأمين مجالات تصريف لها: وضع جهاز أدوات أكثر تطوّراً، حدوات مسمارية، تسلّح جديد، إلخ.

إذن نلمس بالفعل وجود فترة بحث معيّنة، تطول أو تقصر حسب التقنيات، بدأت بالنسبة للبعض منها بين القرنين السادس والثامن، وفي وقت متأخّر أكثر بالنسبة للبعض الآخر - وهناك تقنيات كان تطوّرها بطيئاً ومتواصلاً منذ مؤخر الإمبراطورية الرومانية. إلاّ أنّ كلّ هذه التطوّرات تبقى دون فعالية إلى حين وضع التوازن العام، أي حين تحقيق النظام التقني، على الأقلّ في قسمه الأكبر، ونلاحظ مثل انفجار حقيقي لهذا التطوّر التقني نحو منتصف القرن الثاني عشر. بعد ذلك قلّما يهّم كون بعض التقنيات احتفظت بمظاهر تقليدية في حال لم تكن هذه المظاهر عبارة عن مكابح أو عوائق كبيرة.

فيما تلى ذلك سمح النموّ إمّا بالتقدّم بالإجمال، إمّا بتقويم بعض الخلل. تقدّم لنا الصناعة النسيجية أمثلة عديدة على هذه الحالة الأخيرة. ومن الطبيعي أن نفكّر أنّ تطوّر النسيج وإعداد الأقمشة أدى بالضرورة إلى اختراع دولاب المغزل واعتماده ووضع بعض تقنيات تحضير الموادّ الأوّلية.

وأخيراً نعرض رأياً نبقى بحاجة إلى التثبّت منه، فقد تبدو لنا الأزمات الكبيرة في نهاية القرن الرابع عشر كنتيجة الاضطرابات داخل النظام التقني. كذلك يمكننا افتراض وجود نوع من عدم التوازن إمّا بين التقنيات المتقدّمة، إمّا بين التقنيات المتقدّمة والتقنيات التقليدية (لا سيّما الزراعة كما أشار بعض المؤرخين، ولكن أيضاً في المناجم حيث تراجع الإنتاج بدرجة كبيرة عندما استنفدت العروق المعدنية المربحة واستحال الوصول إلى العروق

الأعمق بسبب الافتقار إلى الوسائل التقنية المناسبة). كذلك لا يجب أن ننسى، ضمن إطار تفسير عام، تدخّل البنيات الأخرى، وأنّ البنيات التقنية ترتبط بالبنيات الاجتماعية ارتباطاً وثيقاً وأنه تكمن في هذا الأمر عند ظهور الخلافات، فرص لخلق الأزمات نملك عليها العديد من الأمثلة.

برتران جيل
Bertrand Gille

بيبليوغرافيا

ما تزال دراسة تقنيات العصور الوسطى قليلة نوعاً ما، ذلك أنّ استعمال النصوص يتطلب بالفعل معلومات خاصّة. باستثناء بعض المحاولات لا يمكننا سوى ذكر عمل تختبيء خلف عنوانه العام دراسات متخصصة.

م. بلوك M. Bloch, «les Inventions médiévales»، ضمن «كرّاسات التاريخ الاقتصادي والاجتماعي»، ص 634-643، VII، 1935.

ب. جيل B. Gille, «Esprit et civilisation techninques du Moyen Âge»، باريس، 1952،

ب. جيل، «Les développements technologiques en Europe de 1100 à 1400» 1100، ضمن «كرّاسات التاريخ العالمي»، ص 3-108، III، 1958.

ل. ثورندايك L. Thorndike, «Technolgy and Inventions in the Middle Age» في «Speculum»، ص 141-159، XV 1940.

ل. وايت L. White, «Technologie Médiévale et transfomations sociales» باريس، 1969.

عولجت مسألة الطاقة بشكل أساسي من خلال دراسة الطاحونة المائية: أ.م. بوتييه A.M. Bautier, «Les plus anciennes mentions de moulins hydrauliques industriels et de moulins à vent», 1960.

م. بلوك، «Avènement et conquête du moulin à eau»، ضمن «كرّاسات التاريخ الاقتصادي والاجتماعي»، ص 538-563، VII، 1935.

كاروس - ويلسن E.M. Carus- Wilson: «An industrial Revolution of the thirteenth Century ضمن «مجلّة التاريخ الإقتصادي»، ص 39-60، XI، 1941، ويحكي عن ظهور وانتشار الطاحونة الدعّاكة.

ب. جيل، «Le Moulin à eau, une révolution technique médiévale»، ضمن «التقنيات والحضارات»، ص. 1-15، III، 1954.

ش. باران Ch parain, «Rapports de production et développement des: forces productives: l'exemple du moulis à eau». في «الفكر»، شباط (فبراير) 1965.

ر. تيتلي R. Titley, «Note on old Windmills»، ص 41 - 51 III - 1 XI 1924.

ر. تيتلي «Inquiry into the Origins of the windmills»، 1930.

المعروف أنّ مسألة الكدن كانت موضوع مؤلّف شهير:

ر. لو فيفر دي نويت R. Lefebvre des noëttes «l'Attelage et le cheval de selle à travers les âges». باريس، 1931، والجزء الثاني هو كناية عن مجموعة من الصور، وقد تعرّض طرح لوفيفردي نويت لأكثر من ناحية: نذكر بشكل خاص ملاحظة ج. سيون J. Sion في عدد «كرّاسات التاريخ الاقتصادي والاجتماعي» المذكور آنفاً وأبحاث أودريكور Haudricourt في المجلّد الأوّل والوحيد من «مجلّة الجغرافية البشرية والعراقة».

تاريخ تقنيات الصناعة البحرية بانتظار من يكتبه بمجمله، وهناك بعض الأعمال الخاصّة التي تشجع على إجراء أبحاث مهمّة:

بروغر وشيتيليغ A.W. Brogger & H. Shetelig, «The Vikings Ship»، أوسلو، 1951.

هينسيوس، «Das Schiff der hansishen Frühzeit»، فيمار، 1956.

تاريخ التقنيات الزراعية لم يجذب بعد اهتمام الباحثين، باستثناء بعض نقاط التفاصيل. وهنا تكمن ثغرة كبيرة يجدر طمرها.

ج. دوبي G. Duby, «La Révolution agricole médiévale»، 1954.

ب. جيل، «Recherches sur les instruments de labour au Moyen Âge»، 1962.

ميّاس - ڤاييكروسا J.M. Millas - Vallicrosa, «La Tradicio ón de la ciencia geoponica hispano - arabe» ضمن «المحفوظات العالمية لتاريخ العلوم»، ص 115-125، VIII، 1955.

بالنسبة لاستثمار المناجم:

ب.جيل، «Le Problème de la techmique minière au Moyen Âge»، في «مجلّة تاريخ المناجم والصناعة المعدنية» ص. 279-297، I، 1969.

يمكننا تكرار القول نفسه بخصوص الصناعة، أو الصناعات، وبعضها كان موضوع أعمال مهمّة، غنية على العموم ولكن محدودة.

بالنسبة للصناعة النسيجية وغير مؤلّف إندري Endrei يجب ذكر الدراسة الغنية التي وضعها، دو بورك G. De Poerck, «La Draperie médiévale en France et en Artois».

بروج، 1951، وهي دراسة نموذجية في نوعها.

كانت الصناعة الحديدية في بولندا، هنغاريا وتشيكوسلوفاكيا موضوع العديد من المقالات التي ظهرت في «مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، ويجب أن نضيف إليها مقالاً مهمّاً:

سبراندل Sprandel, «La Production du fer au Moyen Âge»، في «كرّاسات التاريخ الاقتصادي والاجتماعي»، ص 311-312، 1969.

كما يمكننا الرجوع إلى:

م. برينيه M. Prinet, «L'Industrie du sel en Fanche - Conté avant la conquête française» باريس، 1900.

كانت التقنيات العسكرية موضوع أبحاث مهمّة:

شادويك Ch. W. Chadwick, «A History of the Art of war in the Middle Âge» الطبعة الثانية، لندن، 1929.

ف. لوه F. Lot, «L'Art militaire et les armées au Moyen Âge en Europe et dans le proche - Orient» مجلّدان، باريس، 1945-1947.

وحول نقطة معيّنة:

م. ميرسييه M. Mercier, «Le Feu grégeois» باريس، 1952.

فيما يتعلّق بالتقنيات الخاصّة بالبناء، يجب الإشارة إلى مجموعة الوثائق المصوّرة المهمّة:

ف. فان تيغيم F. Van Tyghem, «Op en Om de middleeuwen Bouwerf»، مجلّدان بروكسل، 1966.

تقريباً لا نملك شيئاً عن الأعمال الكبيرة، التي أنجزت في الفترة موضع الدراسة، لكنّنا نذكر:

هـ. كلوزو H. Clouzot: «Les Marais de la sèvre niortaise et du Lay du X° à la fin du XVIe siècle» باريس، 1904.

الفصل السابع

الأنظمة الكلاسيكية

لبضع سنوات خلت جرى في باريس مؤتمر طرح خلاله موضوع أصل عصر النهضة، وضمن كلّ المسائل التي رُفِعت حول تلك الفترة الغنية تمّ تناول مسألة التقنيات ولكن بقيت دون جواب: حيث إنّ الإشارات إلى الطباعة، الملاحة والمنشآت البحرية، المدفعية، والتحصين لم تؤدِّ إلى أيّ نتيجة إجمالية. إلاّ أنّه لم يكن من المعقول التفكير بأنّه ضمن كلّ «الاختراعات»، بالمعنى الواسع للكلمة، لم يشهد عصر النهضة، على مستوى التقنية، تجديداً كالذي ظهر في سائر المجالات في العلم كما في الأدب، في الفنون كما في الفكر السياسي. الأبحاث التي جرت منذ ذلك الحين. إن لم تكن قد أبرزت كيفية ابتكار نظام تقني جديد، فقد وضعت على الأقلّ الإشارات التي يمكننا أن نرسم من خلالها صورة واضحة أكثر، مستعملين دوماً نفس الطرق التي اعتمدت حتّى ذلك الحين. لنحاول إذن أن نضع بعض عناصر معرفتنا بتاريخ تلك الفترة، مؤكّدين مرّة أخرىٰ على الارتباطات العميقة الموجودة.

لقد رأينا أنّ نهاية القرون الوسطى، أو ما يمكن تسميته كذلك، تميّزت بالأزمة الكبيرة التي جرت خلال النصف الأوّل من القرن الرابع عشر وبالانحطاط الطويل الذي تبعها. وبالطبع، لم تكن العودة إلى النشاط متجانسة، لا في الزمان، ولا في المكان ولا في مختلف قطاعات النشاط البشري. من جهة أخرى، من العبث أن نقدّم عن القرن الخامس عشر صورة منطقية تماماً.

بسبب الافتقار إلى الأبحاث المطوّلة، وأيضاً إلى مادة وثائقية وفيرة، من الصعب وضع التاريخ الديموغرافي للقرن الخامس عشر، وتدلّنا على هذا المؤلّفات الحديثة. يجدر القول أيضاً إنّ الخسارات أيضاً لم تكن متساوية، وكذلك الترميمات والنموّ الديموغرافي. وقد كُتب مؤخراً أنّ كلّ الفترة 1380-1500، ليست في الواقع، من الناحية الديموغرافية، أكثر من فترة استعادة بطيئة للنشاط، فترة استيقاظ خفيفة. هذه اليقظة بدأت في تواريخ مختلفة حسب المناطق؛ فرغم حضورها منذ بداية القرن الرابع عشر في إسبانيا وفي إيطاليا فهي شبه معدومة قبل الثلث الأخير منه في البروفانس Provence، في لانغدوك Languedoc، في

ألمانيا وفي هولندا. لكنّ الأمور أخذت منعطفاً آخر مناسباً منذ مجيء السنوات 1500.

بعبارة أخرى، يبدو أنّه بعد هبوط كان مفاجئاً في بعض البلدان ـ انتقل عدد سكّان إنكلترا من 3,7 إلى 2,2 مليون ـ كان هناك استئناف على درجات متفاوتة من البطء وصل خلال القرن الخامس عشر أو في نهايته إلى الأرقام التي كانت عند نهاية القرن الثالث عشر. بينما نشاهد نوعاً من الاستقرار في المناطق التي لم تطلها الأوبئة والحروب، ويمكننا عبر حركات خفّت جدّاً تفسير النموّ الأكيد للآلية ضمن اقتصاد كانت يقظته أوضح، آلية أُعِدّت لسدّ النقص في اليد العاملة ولتلبية الحاجات المتزايدة لشعب وإن خفّ عدده فقد كانت حاجاته الاستهلاكية في تزايد مستمر. ويبقى، كما سنرى، الكثير للبحث في هذا الميدان المهمّ من ناحية تقديم تفسيرات قيّمة للتطوّر التقني.

النهضة الاقتصادية، بعد الأوبئة والاضطرابات، هي حتماً أوضح، ربّما لأنّه دُرِست أكثر. إلاّ أنّه ما زال هناك الكثير من النقاط المبهمة. من جهة أُخرى، جاءت ظاهرة الإكتشافات الكبيرة كي تندرج في حركة ابتدأت حتماً قبل تلك الاكتشافات. هذا التغيّر حصل في الواقع قليلاً قبل منتصف القرن الخامس عشر في إيطاليا وفي إسبانيا وفي النصف الثاني من القرن الخامس عشر في المناطق الشمالية. ويسلّم البعض اليوم بأنّ الاكتشافات الكبيرة كانت نتيجة نهضة اقتصادية: أليست ربّما أيضاً نتيجة ظهور نظام تقني جديد؟

بهذا الصدد تجدر الإشارة إلى ظاهرتين من نوع خاص. أولاً بفعل حاجة مادّية قوية اندفع الرجال على طول السواحل الإفريقية وبعدها الأمريكية. توازناً مع هذا يمكننا ملاحظة إعادة فتح أو فتح العديد من مناجم المعادن الثمينة تقريباً أينما كان، ولا سيّما في أوروبا الوسطى. كذلك تمّ خلال القرن الخامس عشر إعادة استثمار مناجم هنغاريا ويوغوسلافيا، هنا أيضاً بفضل تحوّلات تقنية. والمعروف أنّ الاكتشافات المنجمية في جنوبي الساكس Saxe وشمالي بوهيميا حدثت في العام 1422 أي في نهاية الربع الأوّل من القرن الخامس عشر. إذن كانت الانطلاقة الاقتصادية مهمّة بشكل سمح بإعمار وباستقرار نقدي أصبحا معروفين: بدأ هذا الاستقرار في فلورنسا عام 1464 تتبعها إنكلترا عام 1470 إسبانيا عام 1475، البندقية عام 1472 وفرنسا عام 1475.

التحوّل الآخر المهمّ هو ولادة رأسمالية معيّنة موزّعة وحدات كبيرة، مختلفة عن المصارف الإيطالية التي كانت في الفترة السابقة، تلك المصارف التي كانت ضحية أزمة منتصف القرن الرابع عشر. وإذا كان هناك ما يشبهها مثل مؤسسات عائلة ميديسيس Médicis صاحبة الدور المعروف في تفتّح عصر النهضة، فقد كان هناك بالمقابل باعة، ورجال مصارف ولكن أيضاً صناعيين. هكذا مثلاً، في النصف الأوّل من القرن الخامس عشر حالة

جاك كور Jacques Cœur، وكذلك فوغر Fugger في ألمانيا، وهو تشستتر Hochstetter في إنكلترا. مستثمرون أو صانعون، أصحاب مناجم، كان عليهم أن يساهموا في تطوّر تقني معيّن، وقد استطاعوا ذلك عبر ثرواتهم الطائلة. وقد يكون من المهمّ أن ندرس نشاطهم، إن سمحت لنا الوثائق الموجودة بهذا، ليس فقط في المجالات الفكرية العزيزة على عصر النهضة، ولكن أيضاً في مجال التقنيات.

لقد كان حتماً لهاتين الظاهرتين الاقتصاديتين تأثير مباشر على السياق التقني: استثمارات ممكنة ورغبة في التجديد والابتكار. من تمركز رؤوس الأموال إلى استدعاء تقنيين متفوّقين وإلى استثمار بطرق جديدة، نجد عدداً من الميول أراد علماء الاقتصاد أن يحيطوا بها بداية نموّ معيّن.

توازياً مع ذلك أخذت الأفكار تتغيّر، تتطوّر كما أخذت التقنية في ذهنية الناس بعداً آخر. ونعي هذا التحوّل بوضوح لأن حجم الحركة التي حدثت يُظهر مدى حقيقة هذا التحوّل. في الكثير من المجالات هذا تسبّبت صدمات القرنين الثالث عشر والرابع عشر، الاقتصادية أو السياسية، بزعزعة النظام الإقطاعي، ويجمع كلّ المؤرخين على هذا الأمر. فمن حيث إنّ الإقطاعية لم تعد سوى عبارة عن ملكية للأرض بدأ الشعب يربح قدراً أكبر من الحريّة ومن الحركة. دليلنا على ذلك هو نموّ المدن في تلك الفترة، لا سيّما أنّها كانت تتمتّع بإنعام الحكّام عليها كونها أركان حكم متجدّد، ويدلّنا على توسّعها جيل ثان أو ثالث من الأسوار المحصّنة التي أقيمت حولها. لقد استيقظت حياتها التجارية ونمت، وأكثر ما بدأ التجديد التقني يظهر كان داخل جدرانها.

ضمن الإطار نفسه هناك أمر يبدو أكثر أهمّية دون شك هو ولادة البلدان الحديثة، صغيرة كانت أم كبيرة. إن المركزية الإدارية والرغبة في السلطة، اللتين كانتا بالضبط ميزتي هذه البلدان الحديثة، دفعتاها إلى التدخّلية الاقتصادية وإلى الاهتمام أكثر فأكثر بالمسائل الاقتصادية، وبالمسائل التقنية إن من ناحية الإنتاج أو من ناحية القوة العسكرية. وضمن هذا الإطار السياسي الجديد، الذي حلّ محلّ الأنظمة الإقطاعية القديمة، بدأ منذ النصف الثاني من القرن الخامس عشر تشكل الصورة الأولى للسياسيين المركنتيليين الذين عرفوا بانجذابهم نحو التقنيات الجديدة سواء كانت ابتكارات خاصّة أم مأخوذة عن البلدان المجاورة. وكما المبادرات الفردية التي أشرنا إليها أعلاه، فإنّ جهود الحكومات وبعض الجهود الجماعية اتّجهت نحو التطوّر التقني؛ اهتمت الأوّلى بالابتكار المحض والثانية بنشر الطرق الجديدة أو التقنيات الأجنبية.

قد يكون من المفيد أن نحصي شواهد السياسات في المجالات التي تهمّنا هنا في

مجال التسلّح كانت الجهود دون شكّ قديمة أصلاً، لكنّها تكاثرت وأصبحت أكثر منهجية. عهد لويس الحادي عشر ملك فرنسا إلى قذافين اسبان وإلى مخترعين آليات بحفر الخنادق والحفيرات، وتقريباً في كلّ مكان أخذ الأمراء يستدعون السبّاكين، الذين ساهموا بابتكار المدفعية الحديثة، والمهندسين المعماريين الإيطاليين الذين قدّموا فنّاً جديداً في التحصين وكذلك أفكاراً جديدة في مجال المدينية أو البناء المدني. أما المهندسون الكبار الذين استدعاهم فرنسوا الأوّل فكانوا ماريني Marini، بيلارماتي Bellarmati كاستريوتو Castriotto؛ لقد عمل جيرولامو ماريني على طول حدود منطقة شمباني (لانر لايون، سواسون ايرناي – فيتري لوفرنسوا، شاتو تيري ترويز وجانفيل بينما عمل بيلارماتي في لانغر Langres، ديجون، بيزنسون، نوي Nuits، فيزول Vezoul وبنى الهافر Le Havre. كذلك نجد إيطاليين في سباندو Spandau، في دسلدورف Dusseldorf وحتّى في إنكلترا.

يمثّل إيفان الثالث ملك روسيا نموذج الملك الراغب «بتحديث» تقنيات بلده، وقد لبّى نداءه كلّ من صانع النقود الإيطالي جيان باتيستا ديلا فولبي Gian Battista della Volpe، والمهندس المعماري الكبير فيورافانتي Fioravanti، الذي كان أيضا سبّاكاً. عام 1488 أرسلت بعثة إلى إيطاليا مهمّتها تطويع بعض المعماريين، الصاغة، السباكين وصانعي الأسلحة، والشيء نفسه حصل في الأعوام 1493، 1499 و1527. لكنّ نفس البلد طلب في العام 1484 عمّال مناجم من هنغاريا وعام 1488 عمّالاً آخرين من منطقة الساكس وعمّال مطابع من الدانمارك عام 1524.

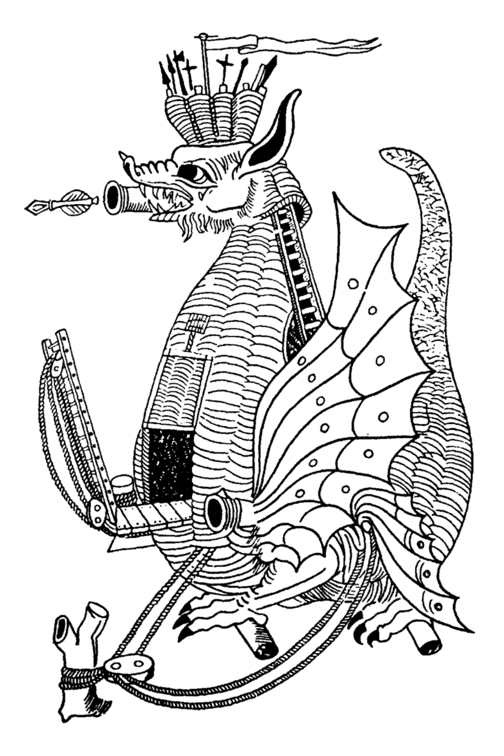
منذ العام 1450، استدعى شارل السابع شخصاً ألمانياً هو كلاوس سمرمنت Claus Smerment لإدارة مناجم جاك كور. كذلك بعث هنري السادس ملك إنكلترا بطلب عمّال مناجم من بوهيميا ومن هنغاريا. كما شغّل لويس الحادي عشر عمّال طباعة ألمانيين وصانعين حرير إيطاليين. هناك أمثلة كثيرة جدّاً يمكن ذكرها: قد يكون من المفيد وضع قائمة بها وذكر الاختصاصات والبلدان التي كان يتم اختيار العمّال والعلماء منها، وقد يعود هذا الاختيار إمّا إلى دوافع سياسية، وإمّا إلى تحالفات ملكية.

ولكن فيما يتعدّى هذا، كان هناك تنقّلات عفوية ومبادرات فردية سمحت بانتشار التقنيات الجديدة. وتجدر معرفة تنقّلات التقنيين هذه، الإنجازات والإخفاقات، تطّبع الناس وتأقلمهم، وكذلك التقنيات ولغاتها، لكنّنا لا نملك سوى بعض الأمثلة المختصرة. بالطبع كان هذا الميدان موضع اهتمام العلماء وقد وضعت الأبحاث حول سفر عمّال الطباعة الذين سافروا ووضعوا المحارف الجديدة هنا وهناك. ولكن كان هناك أسفار أخرى وهجرات أخرى لم تلفت نظر المؤرّخين، ونذكر مستخرج الملح الذي ذهب من منطقة الفرانش –

كونتيه Franche - Conté وجال في أنحاء أوروبا كي يجمع معلومات حول تقنيات الملح الأجنبية وكان ذلك نحو العام 1440، كما نذكر الحدّادين الألمان أو اللورينيين الذين أقاموا في نفس الفترة في بيري Berry، إن دراسة المفردات بهذا الصدد هي جدّ منوّرة: فمثلاً وفرة الكلمات الفرنسية في مفردات الصناعة الجديدة هي دليل واضح على تلك التحرّكات.

من غير العدل أن لا نذكر الأمراء الإيطاليين في القرن الخامس عشر وقد كانوا حكّاماً على ولايات صغيرة دون قوّة حقيقية لكنّهم كانوا أكثر من ساهم بصياغة ذهنية جديدة أي بصياغة عصر النهضة إذا صحّ القول. إنّ هذه السلالات، الخارجة من الحرب أو من التجارة وربّما لأنّها كانت خارجة منهما، حاولت نوعاً من التنهيج والجمع بين مختلف المعارف، تماماً كما حصل لقرون خلت في الإسكندرية. وبفضل هؤلاء الأمراء، الذين كانوا يهتمون بالمسائل التقنية لأسباب متشابهة، تمكن العالم المادّي من الاندماج مع معرفة عامّة وشاملة. إذن كانوا يجمعون حولهم ليس فقط فنّانين وعلماء بل أيضاً تقنيين عباقرة، محقّقين بهذا التقاء كان ميزة تلك العصر الخاصّة.

فرنسوا سفورزا François Sforza، دوق ميلانو (1450-1466)، اهتم بنظام مياه ووادي البو Pô، وأمر بحفر القنوات والمجاري ، بفضل فيورافانتي Fioravanti وبرتولوميو ديلا فالّي Bartolomeo della Valle، أتمّ الدوم Dôme وبنى القصر الذي ما نزال نراه اليوم. أمّا خلفه فقد استدعى لو فيلاريتي le Filarete، برامانتي Bramante وليوناردو دافينشي، دافع عن عائلة كاردان Cardan، واستشار فرانشسكو دي جيورجيو مارتيني Francesco di Giorgio Martini. وتشهد مكتبتهم، التي نملك قوائم بمحتوياتها ذلك العصر، على مدى فضولهم العلمي المنكب في آن واحد على النزعة الإنسانية، العلم والفعالية التقنية. أمّا أسرة مالاتستا Malatesta في ريميني Rimini فكانت دون شكّ أقلّ اطّلاعاً: لقد أبرز فالتوريو Valturio معرفتهم في المجال العسكري (شكل 1) وقام ألبرتي Alberti ببناء صرحهم. إلاّ أنّه يبدو أنّ هؤلاء العسكريين التفتوا إلى العديد من المسائل وأنّ مساهمتهم في مجال التقنيات الحربية بصورة خاصّة كانت مهمّة. وتألّق نجم أورباn Urbin مع عائلة مونتي فيلترو Montefeltro التي جهدت كي تستميل إلى بلاطها كلّ مشاهير ذلك العصر، كما بحثت من أجل مكتبتها عن كلّ المؤلفات المهمّة: وهنا نلتقي بحالة الإسكندرية خلال القرن الثالث ق.م. عند هذه الأسرة الحاكمة نجد مهندسين مثل فرانشسكو دي جيورجيو، وفنّانين مثل لوكا باشيولي Luca Pacioli إن أردنا التوقّف عند ذكر الكبار المشهورين، ولقد كانت المكتبة فعلاً البوتقة التي تقولبت فيها الحضارة الجديدة. هل يمكننا أيضاً ذكر أسرة الميديسيس Médicis التي حكمت فلورنسا؟ في الحقيقة.



شكل 1. ـ آلة الحرب العجيبة (فالتوريو Valturio)

بحكم كون هذه الأسرة أسرة تجّار أكثر منهم صناعيين أو عسكريين، فإن كانت اهتمّت بالفنون وبالعلوم فقد أهملت نوعاً ما مجال التقنيات بحصر المعنى، كذلك كان محيطها أقلّ عرضة للدراسة من محيط أمراء آخرين. في كلّ هذه البلاطات ظهرت الذهنية الجديدة التي كنّا نتكلم عنها: إن لم تكن هذه الأمكنة قد أوجدتها فهي على الأقل كانت أوّل من أدركها وسعى إلى الاستفادة منها.

كلّ هذا يفسّر لنا الأهمية التي أخذتها التقنية تدريجياً في الفترات الأوّلى من عصر النهضة، ولكن يتعيّن هنا، فيما يتعدّى الاستنتاجات العامّة، إجراء بعض التمييزات. فهناك في الواقع من عاشوا في ورش عملهم ومحارفهم وكانوا على احتكاك يومي مع المادّة، مع المسائل الاقتصادية أو الاجتماعية ولم يروا في كلّ اختراع جديد، في كلّ ابتكار عملاً معزولاً بحدّ ذاته. وهناك أيضاً من حاولوا في شتّى المجالات بذل مجهود تأمّل وعقلنة ومدّوا على قدر الامكان جسوراً مع مستويات المعرفة الأخرى. إذن توازياً مع سباق التطور الذي رسمناه لتوّنا باختصار، نلاحظ تحوّلاً عميقاً في الذهنية التقنية.

إنّ صعود البورجوازية، الذي جرى على أنقاض النظام الإقطاعي، ورغبة الأمراء في السلطة وجّها البحث نحو واقعية متقدمة أكثر فأكثر. لقد كتب أحد المؤرخين الألمان «إنّ النظام الواقعي والبورجوازي حلّ محلّ تدرّج الطبقات العامّ؛ الوجود فهُم بشكل مباشر أكثر، واتّجهت الأنظار أكثر فأكثر نحو العالم الخارجي». كذلك قدّم المؤرخ البلجيكي فييرنس Fierens بمعرض حديثه عن تاريخ الفنون أفكاراً مشابهة: «بدأ الابتعاد عن روحانية القرون الوسطى، والاهتمام بالخصائص الحقيقية للأغراض، بطبيعة الأشياء، وبمشاهدة الكون». إنّ ما يستنتجه تاريخ الفنّ بهذا الشكل يمكن أيضاً أن يستنتجه تاريخ العلوم، وبطريقة أدقّ أيضاً، لقد فرضت الواقعية نفسها، وكذلك المنفعية، والتجريبية وبعدها نزعة اختبارية ورياضية.

انتشر تعليم الرياضيات تقريباً في كلّ مكان، في أوكسفورد Oxford، ثمّ في باريس وبعدها في عدد كبير من الجامعات، ولكن هنا أيضاً نحن بصدد رياضيات نفعية أكثر منها نظرية، انطلاقاً من هذه العناصر الأولى، المشتّتة والناقصة، أمكن تشكيل علم رياضي بحت ومنهجي، وكان من الطبيعي أن نجد بين هؤلاء الرياضيين الحقيقيين الأوائل بعض التقنيين. كان لوكا باشيولي الذي عاش كما رأينا في مركز أورباان Urbin، يوجّه أبحاثه نحو مسائل في المحاسبة، ونذكر أيضاً المهندس الهولندي الكبير ستيفن Stevin. إذن كانت الرياضيات على ارتباط أكيد بالتقنية وقد كان ليوناردو دافينشي يقول: «الميكانيك هو نعيم الرياضيات لأنّها تحقّق نفسها فيه». وكان بإمكانه أن يضيف أنّه «لا وجود لليقين حيث نعجز عن تطبيق أيّ من العلوم الرياضية، أو أيّ من العلوم التي تقوم على الرياضيات». كذلك اعتمد ديكارت

قواعد شبيهة تماماً، مقراً بأنّ الفائدة الأساسية من الرياضيات تكمن في الفنون الميكانيكية. أما علم الهندسة فقد كان، منذ العصر القديم، علم ماسحي الأراضي، المعماريين، والنجّارين؛ علم الحساب كان أساس التجارة الأوّل، ومن غير المجدي أن نكثر من الأمثلة فهي موجودة في جميع الأذهان.

الشيء نفسه تماماً، وربّما بشكل ملحوظ أكثر، ينطبق على الفيزياء. فقد كانت المسائل التي واجهها علماء الفيزياء تتوازى تماماً مع تلك التي اعترضت طريق التقنيين. وأكثر ممّا في مجال الرياضيات، التقينا بذلك البحث المتحمس والمشحون في الدراسات القديمة: ونذكر بحث أرخميدس. بالطبع لسنا هنا بمعرض ذكر كلّ تاريخ ولادة الفيزياء الحديثة ولكن يمكننا مثلاً ذكر الظهور البطيء والصعب لعلم القذائف بواسطة المدفعيين، وكلّ ما قدّمه علماء الهيدروليكا والمهندسون لعلم يتّجه هنا أيضاً نحو المنهجية. من فرنشسكو دي جيورجيو إلى غاليلي، نلتقي بتقنيين بذلوا أضخم جهد في التفكير، ومن حيث إنّ هؤلاء الرجال كانوا بمعرض بناء علم جديد كانت ذهنيتهم التقنية ومبادىء عملهم عرضة للتطوّر والتعديل، وسنعود لاحقاً إلى هذا الأمر.

إنّ هذا اللقاء، ونستعمل كلمة اللقاء لتجنّب نقاشات غير مجدية حول تفوّق أحد النشاطين، أي العلم والتقنية، على الآخر، بين علم مجزّأ إلى عدد معيّن من المسائل وتقنية مصنوعة من حالات خاصّة، يشبه في نواح عديدة منه ما كانت قد عرفته مدرسة الإسكندرية. الفنّ نفسه يلتحم مع علم المنظورات، مع علم التشريح، مع رسم الطبيعة ومع السباكة. وقد كتب م. فرانكاستيل M. Francastel:

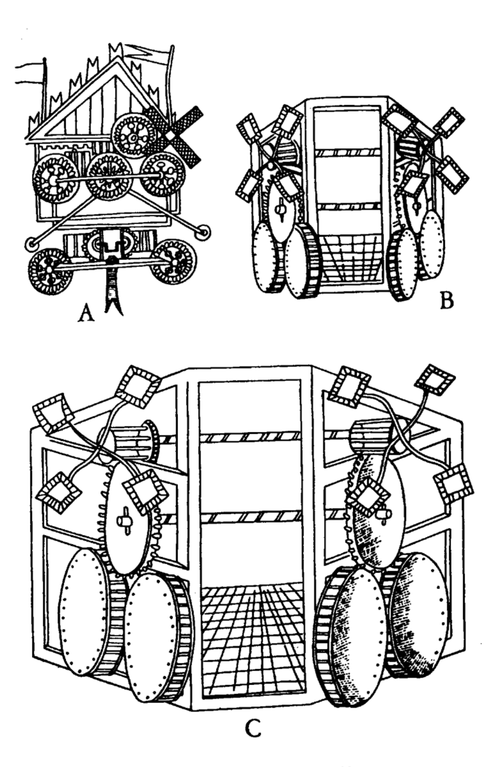
(...) أساسياً كان هذا الحلول لعالم اختباري محلّ عالم من الذوات. هذا الإدراك للطبيعة، للإنسان كممثّل على مسرح العلم، ترافق مع ذلك الاستكشاف الخارق للكون والذي يمثّل أكبر إنجازات الإنسان في عصر النهضة. إذن كان مفهوم ذلك العصر للاختراع من نوع خاص، فقد كان يعني فكرة ترابط منطقي للكون. وهذا ما يفسّر سعي هؤلاء المخترعين بشكل أساسي نحو الاهتمام بالمجموعات، بمخطّطات تنظيم الكون كما نحو إغناء طائفة الحالات الخاصّة، وقد قام مجهودهم الرئيسي على نوع من الانتقاء ومن فرز لإمكانيات العمل والتفكير التي كانت تقدّمها لهم التقنيات.

من هنا تنبثق في آن واحد المواجهات الدائمة بين المعارف، بين النشاطات وولادة شكل أوّل للتكنولوجيا، إلى جانب طرق تقليدية للمعرفة التقنية، طرق المتمرّسين وطرق الحرفيين. لقد تشكل نوع من التدرّج: من الحركة، من الطريقة، من الأداة ثمّ من الآلة، كلّ على حدة، إلى المجموعات المنظّمة، إلى الجداول التي تمثّل ردّاً على جداول العلماء،

وأخيراً إلى التفسيرات، إلى «الأسباب» التي تشكّل الإطار العام الذي تندرج ضمنه طبيعياً كلّ الحالات الخاصّة. هنا نلتقي مجدّداً بخطوات مدرسة الاسكندرية.

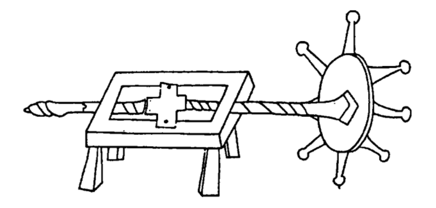
في الحقيقة لا نعرف جيّداً الأوائل، الذين كانوا يكدّون يومياً ويضيفون تدريجياً تطوّرات جزئية إلى حين الوصول إلى التحوّلات الحاسمة التي تقوّم الخلل وتؤدي بنا إلى ظهور نظام تقني جديد. بينما نعرف بصورة أفضل الآخرين، جامعي الحالات الخاصّة، جامعي الصور وأولئك الذين قدّموا، فيما يتعدّى «مسارح الآلات» هذه ومعرفة تقنية متطوّرة أكثر. سنحاول أن نرسم مظهرها العام وأن نتبيّن التطوّر في مسلك هؤلاء الأشخاص.

منذ نهاية القرن الرابع عشر أو بداية الخامس عشر تقدّم لنا ألمانيا صورة هذه المجموعات الأولى المكرّسة بشكل خاص للآلات الحربية، ونجدها في الكتاب الذي وضعه كونراد كييسير Konrad Kyeser الذي كان جندياً دون شكّ، وقد أهدى مؤلفّه Bellifortis إلى الامبراطور روبرخت Ruprecht امبراطور بلاتينا Platinat (1400-1410). وتشكل الكتب العشرة التي تؤلّفه إطاراً مهماً: العربات المعجّلة، آلات الحصار، الآلات الهيدرولية، الآلات الرافعة، الأسلحة النارية، أسلحة الدفاع، نيران الحرب، الألعاب النارية في الأعياد، آلات وأدوات العمل. هنا تخطر للذهن ملاحظة فورية: فنحن بصدد نفس المواضيع التي شغلت الموسوعات البيزنطية، وحتّى الأعمال الهلّينية؛ إنّها المواضيع التي تأمّل فيها باكون Bacon؛ إنّها عناصر رسالة ليوناردو دافينشي إلى الأمير سفورزا Sforza، إذن ما نزال فعلاً ضمن التقليد نفسه. منذ ذلك الحين بدأنا نعي لقطاعات البحث، للصور التي ستتكرّر: المدافع، الأسلحة النقّالة الأولى، عربات الهجوم المزوّدة بمدفعية، الجسور المتحرّكة، المراكب المعجّلة، لولب أرخميدس، الطواحين، آلات الثقب، المغطسات. إنّه في الواقع من نفس نوع عمل غي دي فيجيفانو Guy de Vigevano، ومن نفس نوع الأعمال التي ستتتابع حتّى القرن الثامن عشر تحت اسم «مسارح الآلات» (شكل 2). أمّا المخطوطة التي دُعيت بمخطوطة الحرب الهوسّية، التي كُتبت نحو العام 1430 وأبدت نفس الاهتمامات، فهي من نوع مختلف بعض الشيء؛ إنّها ليست في الواقع عملاً منظّماً، بل كرّاساً من الملاحظات دوّنها تقني، مهندس أو عسكري معيّن، حاول جمع كلّ الأفكار الأصيلة، جديدة أم غير جديدة، التي تزيد من معلوماته. إذا كان هناك اهتمام ملحوظ بالتقنيات العسكرية، فإن محتوى هذا الكراس المتواضع يتجاوز حتماً هذا الإطار حيث نرى عرضه، عدا عن الطواحين، لآلات ثقب الأنابيب الخشبية (شكل 3) التي استعملت في نورمبرغ Nuremberg ولآلة تصقل الأحجار الكريمة (شكل 4 و 5) استخدمت في البندقية.



شكل 2. ـــ الجز بواسطة الهواء.

أ، غيدو دا فيجيفانو Guido da Vigevano، ب، تاكولا Taccola، ج، فالتوريو Valturio.



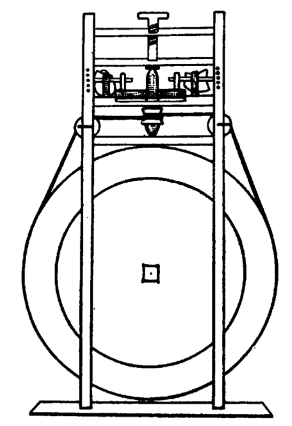
شكل 3. ـــ آلة تثقب الأنابيب الخشبية (تاكّولا).

أخذت الحركة حجماً أكبر وأهمّ في إيطاليا. لقد كان برونيليشي Brunelleschi معاصراً لكييسير، وهو يمثل نموذج الفنّان التقني في عصر النهضة. في البدء كان صائغاً ونحاتاً، ثم أصبح مهندساً معمارياً، وأيضاً مخترع أجهزة بصرية وصانع آلات، إلاّ أنّه للأسف لم يترك أيّ أثر مكتوب، إنّه الممثّل الأوّل لأجيال أولئك المهندسين الإيطاليين: فهو بحكم مؤهلاته، وميوله وفضوله، التي تقارب العلم، يختلف حتماً عن معاصريه الألمان.

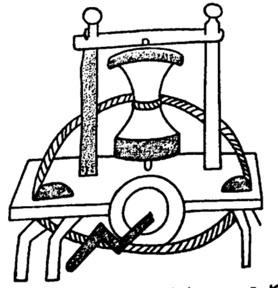
فونتانا Fontana كان طبيباً إبّان الجمهورية السامية، وقد اهتّم بالعلوم الطبيعية والفيزياء، وهما مادّتان كتب عنهما بطريقة لافتة. كذلك ألّف كتاب «Bellicorum instrumentorum liber»، وأرفقه بملاحظات مدوّنة بكتابة شيفرية، وكان عبارة عن «مسرح آلات»؛ أهمّيته كانت أبعد من أن تكون عسكرية فقط، فقد كان للهيدروليكا، للينابيع ومجاري المياه، وللمسيرّات الآلية (الأوتومات) حصة كبيرة فيه (شكل 6).

مع ماريانوس جاكوبوس تاكّولا Marianus Jacobus Taccola نصل إلى قمّة هذا الجيل الأوّل، وقد ذاع صيته ذلك العصر حتّى سمّي بأرخميدس السياني (من سيينا Siena)، ومثل كييسير كان له العديد من المعجبين والمقلّدين، وقد سار من جهة أخرى على درب سلفه الألماني وترك لنا دراسة جيّدة اسمها De machinis libri X وهي عبارة عن «مسرح آلات» حقيقي، وكانت اهتماماته من نفس المستوى: آلات حربية، أجهزة للحصار، استعمال الطاقة المائية أو الهوائية. إنّ لم يكن مجدّداً، فهو على الأقلّ عرف كلّ ما حدث في عصره، إنّه نوع من التبحّر التقني (شكل 7).

روبرتو فالتوريو Roberto Valturio لم يكن سوى محرّر لأفكار سيجيسموند مالاتستا Sigismond Malatesta التقنية العسكرية. ولا شكّ في أنّ أصالة عمله تبقى نسبية كلّياً. إنّ أهمّية هذا الكتاب، De re militari، تكمن في كونه أوّل بحث يتناول مجموعة تقنية بذاتها،

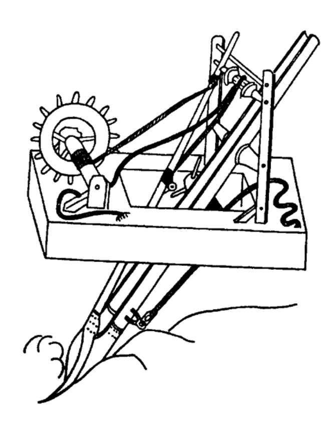


شكل 4. ــ آلة لقلع الصخور من عمق المياه (فونتانا)



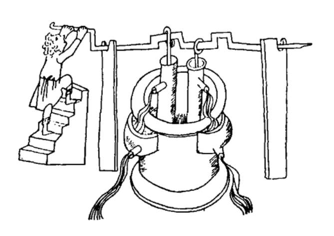
شكل 5. ــ مخرطة لصقل الأحجار (نحو 1430).

حيث لم يكن مجرّد مجموعة صور وحسب، بل تضمّن مجهوداً ملحوظاً للتنهيج. بالرغم من سعة موضوع هذا المؤلّف فقد استطاع ليو باتيستا ألبرتي Léo Battista Alberti، وهو فيلسوف، عالم، معماري ومهندس، العمل بنفس الذهنية ولكن في مجال آخر يختلف كلياً. لقد أتمّ تأليف كتابه De re aedificatoria عام 1450، وكان عبارة عن دراسة واسعة في الهندسة المعمارية ذلك العصر. وكما بالنسبة لسابقه فيتروفيوس Vitruve، تجاوز الإطار الضيّق للهندسة المعمارية وأبدى اهتماماً دقيقاً بالمسائل المدينية والعسكرية. بعد ذلك تبعه أنطونيو أفيرلينو Antonio Averlino، المدعو فيلاريتي Le Filarete، وكان مهندساً معمارياً عمل لدى أسرة سفورزا، وميكانيكياً موهوباً بنفس الذهنية، بنفس الذهنية المنفتحة التي تضع لحساب المهندس المعماري كمّية من المهامّ المتنوّعة. أمّا فيورافانتي Fioravanti، الأب والابن، فلم يكتبا شيئاً ولكنّهما مارسا العمارة والميكانيك بنجاح كبير، وقد ساهم فيورافانتي الابن، مع آخرين، بنقل النهضة الإيطالية إلى موسكو. نذكو أيضاً لورنزو غيبرتي Lorenzo Ghiberti الذي ترك لنا كرّاس ملاحظات يعجّ بمعلومات ثمينة حول العمارة، والصناعة المعدنية، المدفعية والسباكة.



شكل 6. ـــ آلة لقلع الصخور من عمق المياه (فونتانا).

فالتوريو، ألبرتي وفيلاريتي افتتحوا العصر الحديث للدراسات التقنية الكبيرة، إلاّ أنّنا نجد دراسات أخرى كثيرة تقدّم بانوراما مهمّة جداً لعدد معيّن من التقنيات، حتّى أنّ بعض هذه الدراسات يسبق العصر الذي نتناوله: مثال على ذلك الدراسة الزراعية الكبيرة التي وضعها بيار دوكريسّان Pierre de Crescent عند نهاية القرون الوسطى. خلال القرن الخامس عشر نجد مقالات مدروسة عن الأسطرلاب، كما نجد كتباً في «سبك المدافع» ما تزال ترقد في مكتباتنا ويجدر بها أن تصبح مواضيع لدراسات دقيقة ما نزال نفتقر إليها، كلّ هذه المؤلفات تشكّل فعلاً تفكيراً شاملاً حول تقنية معيّنة.

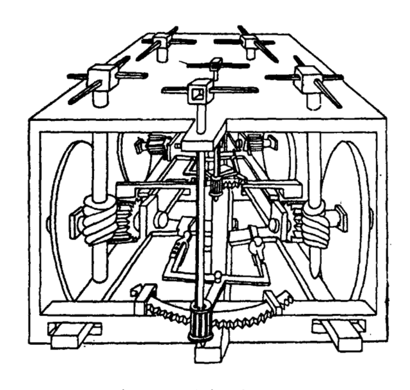


شكل 7. ـ مضخة دافعة رافعة (تاكولا)

وهكذا يرتسم لنا بوضوح المظهر العام لمهندس عصر النهضة. إنّه بشكل عام فنّان عند البدء، ولكن صاحب فنّ مأخوذ بالواقع يتواجه غالباً مع الصعوبات المادّية، فنّ قائم على أساس المنظورات والتشريح، مثل الرسّامين، وفنّ قائم على المعدن، مثل الصاغة، وفن قائم على مختلف المواد، مثل النحّاتين. وهو غالباً فنّان شامل، يمارس كلّ الفنون أو على الأقلّ أهمّها، وسرعان ما يصبح مهندساً معمارياً، أي تقنياً حقيقياً يواجه يومياً مشاكل نحت الحجارة، وتوازن الأبنية، وأجهزة الرفع. كونه نحّاتاً، يتحوّل أيضاً إلى سبّاك عندما يصبح النحت بدوره عملية سبك في قوالب، من هنا يمرّ بالطبع إلى أنواع أخرى من السبك، لا سيّما سبك المدافع، وأصبح عبر المدافع والعمارة العسكرية جندياً أيضاً. وقد جمع البعض إلى هذه المعرفة الواسعة والمتنوعة معلومات في العلوم المائية (الهيدروليكا). مهندس عصر النهضة هو فضولي في كلّ شيء في عالم متسارع التطوّر: إنّه يمارس الفلسفة، ويستعمل أولى مفاهيم علم جديد يدعمه دون شكّ بمعلوماته المادّية. وقد تمكّن من إظهار كلّ ما هو قادر عليه في الظرف الملائم الذي جنح بالعالم نحو الحداثة، وكان ذلك بين العامين 1450 و 1475.

أفضل مثل عن هذا الوصف النموذجي يتجسّد لدينا في شخص فرنشسكو دي جيورجيو مارتيني، وهو من كبار رجال الجيل التالي للجيل الذي رسمنا ملامحه لتوّنا. لقد ولد في سيينا حيث عرف على الأقلّ أعمال تاكّولا، إن لم يكن قد عرفه شخصياً، وابتدأ كرّسام ونحّات بارع، ونملك جزءاً من أعماله نستشفّ من خلاله مزايا قويّة إن لم يكن عبقرية مطلقة. منذ العام 1469 كُلِّف من قبل مصلحة مياه سيينا، ثم عبر عام 1477 إلى خدمة أسرة مونتي فيلترو Montefeltro كمعماري وباني قلاع، وأيضاً كعسكري. بعد 1486 فاقت شهرته كلّ إيطاليا وأصبح يُطلب للاستشارة من جميع الأنحاء، وهكذا توصّل عام 1480 إلى إعطاء رأيه في إنجاز قبّة الدوم Dôme في ميلانو: وهناك التقى ليوناردو دافينشي الذي أخذ بذكاء سلفه. ونجد مارتيني في الولايات الحبرية حتّى نابولي، وقد كتب، بين العامين 1470 و 1480، دراسة كبيرة تتألّف في الواقع من ثلاثة أقسام؛ هناك أوّلاً دراسة في الهندسة المعمارية، شبيهة بمضمونها وذهنيتها بما كتبه سابقوه، إلاّ أنّ القسم المكرّس للتحصينات هو أوسع بكثير وأكثر تطوّراً ويشكل بحق أوّل دراسة في التحصين، وأخيراً هناك دراسة في الميكانيك أقرب إلى «مسارح الآلات» (شكل 8). هذا العمل تُرجم، نُسخ ونُشر بكثرة. وهناك مهندسون عاصروا مارتيني وساروا على درب مشابهة، نذكر منهم بشكل خاص عائلة سانغالّو Sangallo وقد عرف أفرادها أكثر من غيرهم.

إذن انتشار الفضول التقني على نطاق واسع أحدث حركة كبيرة في مجال البحث، إن من ناحية جمع النصوص القديمة مثل أرخميدس، مثل فيتروفيوس، أو من ناحية أعمال المعاصرين. لقد كان كييسير Kyeser آنذاك وكلّ من تبعه مادّة «طبعات» حقيقية نلتقيها في العديد من المكتبات الأوروبية. لقد طلب ملك هنغاريا، ماتياس كورفين Mathias Corvin، وعائلة مونتي فيلترو، والباباوات أنفسهم إجراء نسخ لهم وجمعوا في مكتبات كبيرة كلّ ما يمكن وضع اليد عليه في ميدان التقنية، وهنا تخطر لبالنا مكتبة الإسكندرية. وتجدر الملاحظة بأنّه منذ ظهور الطباعة، سرعان ما صدرت كلّ هذه الدراسات ممّا يدلّ على مدى الأهمّية التي كانت تعلّق عليها وعدد الذين يهتمون بها. وهكذا كانت الدراسات التي ذكرناها لتوّنا قسماً من الطبقات الأولى: فالتوريو منذ العام 1472، ألبرتي عام 1485. ومن أجل إتمام هذه المعرفة المنتشرة أعيد النظر بالتقنيات الأكثر تقليدية وجرى نشر الأعمال القديمة التي افترض أنّها ما تزال مفيدة: طُبع بيار دوكريسّان عام 1471، ولكن أيضاً بليني Pline منذ 1469، فيجيس Végèce عام 1471، بثماني طبعات قبل نهاية القرن الخامس عشر، العلماء الزراعيون اللاتين عام 1472، فرونتينوس Frontin عام 1480 وفيتروفيوس عام 1487.



شكل 8 ـ العربة المتحركة بذاتها من فرنشسكو دي جيورجيو.

ذهنية جديدة، أدب تقني أصبح أغزر وقدّم معلومات أوسع، آمال كبيرة، نجاحات وإنجازات، وعود بالمجد والسلطة، كلّ هذه الأمور ساهمت باعطاء التقنية أهمّية من الدرجة الأولى.

ضمن هذا الإطار يتعيّن أن نضع ليوناردو دافينشي كي يمكننا فهمه بحقّ. إنّه يتمتّع بمزايا وعيوب الآخرين، أي أسلافه ومعاصريه، بنفس الحماسة للتعرّف، ربّما لأنّه كان أقلّ معرفة من البعض، بنفس الرغبة الجامحة للحصول على الأعمال التي كان يريد دراستها، والتفسيرات التي قد يعطيها له الآخرون؛ الرغبة المجنونة لأن يعمل كتقني، لا شكّ لأنّه كان يُستدعى أقل من فرنشسكو دي جيورجيو مثلاً. استطراداً وجد نفسه منطوياً على ذاته نوعاً ما، لكنه عندئذ أكثر من المشاريع وكانت من الجرأة بحيث إنّه كان يعرف أنّها لن تتحقّق أبداً، إلاّ أنّه دفع تفكيره إلى أبعد ووضع مراحل كانت ما تزال غير أكيدة لتكنولوجيا لم تعد كناية عن مجرّد وصف، فقد بحث عن «علل» الأشياء، ورسم المبادىء العامّة متأكداً من أنّها يجب أن تقوم على قاعدة متينة وعلى صياغة رياضية أو، بشكل أوسع، عملية، وهنا تجلّت عبقريته أكثر منه في الاختراعات العديدة التي نُسبت إليه. لكن بسبب افتقاره إلى العناصر الأساسية، وبسبب الثغرات التي بقيت في معرفته رغم الكتب ورغم المحادثات، فإنّه لم يستطع تحرير دراسات منهجية كانت تقع تحت ناظريه حقيقة وقد حرّر مثلها غيره في عصره أو في العقود التي سبقت: دراسة في الهندسة المعمارية، دراسة في التحصينات،

دراسة في الميكانيك، دراسة في العلوم المائية. كان بحثه يذهب بعيداً جدّاً حيث إنّه لم يكن يكتفي بمجرّد الوصفات كمعظم أسلافه، بل كان يحاول عقلنة المسائل. معه نلمس فعلاً هذا المرور من «الوصفات» إلى «العلل»، وسنرى أمثلة مدهشة من نهاية القرن السادس عشر.

إذن نجد أنفسنا هنا عند منعطف، حيث يقف ليوناردو دافينشي عند نقطة الاتّصال وذلك لأسباب عديدة. من جهة لأنّه وجّه البحث التقني نحو دروب جديدة؛ فقد كانت الأبحاث الهيدرولية، مع النماذج التي نعتمدها اليوم أيضاً، والأبحاث حول التشبيكات، وحتّى الأبحاث حول وضع العامل أثناء العمل، شيئاً جديداً تماماً وتضع التقنية بعض الشيء فوق العلم في ذاك العصر. لكن من جهة أخرى اصطدم ليوناردو دافينشي بإحدى المصاعب: لقد غرق في ضخامة بحثه بكلّ معنى الكلمة، وأصبحنا من ذاك الحين نشعر بضرورة وضع تخصّصية معيّنة ووضعها بفعالية أكثر حيث ابتكرت طرق جديدة وحيث إنّه، في مجمل هذا البحث، أصبح بالإمكان مدّ الجسور بسهولة بين التقنيات المختلفة.

من المفيد بالتالي أن نتابع سير بحث وضعنا لتوّنا عناصره الابتدائية، وهنا تظهر قيمة دراسة للذهنية التقنية إبّان القرن السادس عشر. هذه الدراسة تبقى بانتظار من يقوم بها بالرغم من وجود الأعمال المهمّة، ومن خلالها قد نستنتج كيفية وضع النظام التقني الجديد، تصحيح بعض الأخطاء والتكييفات اللازمة. إنّ هذه الجهود تسير بنفس الاتجاهات التي حدّدناها ولنحاول أن نضع بها قائمة مختصرة ومؤقتة.

إن ما لاحت تباشيره في فترة الإقلاع سيتجسّد الآن وسيكبر. الانطلاقة الديموغرافية، في القرن السادس عشر، أصبحت أكثر حيوية، وأكثر عمومية أيضاً لن نركّز كثيراً على هذا الحدث الذي أصبح معروفاً جداً. كذلك فإنّ الإقلاع الاقتصادي الكبير أصبح اليوم ملحوظاً ومشروحاً بصورة جيّدة. مع هذا نشير إلى أنّه عند وصول التضخّم الكبير في المعادن الثمينة وبداية ارتفاع الأسعار كان معظم التحوّل التقني قد تحقّق إذا حدّدنا موقع ارتفاع الأسعار هذا نحو منتصف القرن السادس عشر. في ذلك العصر بالذات يتعيّن وضع التأريخات الدقيقة. لقد أمكن في الواقع الافتراض أنّ ارتفاع الأسعار أدّى إلى اختراعات وضعت من أجل تخفيض تكاليف الإنتاج، لكن يبدو، على الأقلّ في أكثر الحالات، أنّ الأمر لم يكن كذلك، لقد شهدنا بالطبع تطوّر اختراعات الفترة السابقة، وهي الفترة الأغنى بهذا الصدد، ولكن لم يُشر إلى تحوّلات جديدة. لا شك في أنّ التضخم أحدث نموّاً ملموساً في الإنتاج، وليس تغيّراً كبيراً في طرق هذا الإنتاج، إنّنا فعلاً بصدد انتشار نظام تقني جديد لم يكن بعد قد اخترق عمق العالم الغربي.

إنّ أصعب مهمة كانت تلك التي واجهت ليوناردو دافينشي. لكنّ عقلنة التقنيات دون الزاد العلمي الضروري سرعان ما كانت تجد نفسها محدودة، ونشير إلى صعوبة المرور من تقنية تجريبية إلى تقنية مرموقة نوعاً ما، لعدم التوصّل إلى تقنيّة علمية. ومن هنا كانت تلك الجداول الكثيرة، ونأخذ عنها مثلاً ملموساً: بالطبع لم يكن في ذلك العصر وجود لنظرية السفينة، والتي وضع العالم أولر Euler ملامحها الأولى خلال القرن الثامن عشر، إلاّ أنّه حسب نوع وحجم السفن كان النجّارون يملكون من هذه الجداول التي كانوا يطبقونها مع درجات متفاوتة من النجاح، وتدلّنا على هذا أوراق ماتيو بايكر Matthew Baker وهو صانع سفن إنكليزي كبير من القرن السادس عشر. بعد ذلك عبر التفكير التقني إلى مرحلة تالية حتى أننا مررنا، في حالات نادرة، من التجربة التي تخضع لها، وهي تجربة التقني، إلى التجربة التي نضعها ونسيطر عليها، وهي تجربة العالم. في أقصى نهاية القرن الخامس عشر قام رجال سلاح مدفعية شارل الثامن، على شاطىء قريب من نابولي، بتمرير كراتهم من خلال أقمشة كانت توضع أبعد فأبعد: كانوا يريدون إيجاد منحنيات الرماية بينما كان يحاول آخرون وضع جداول للرماية. ويُبدي كتاب التشيكي كريكا Kricka، وهو سبّاك ومكتشف مياه، اهتمامات مماثلة لتجنّب إخفاقات كان ما يزال من الصعب إعطاء تفسير لها.

كذلك نعود ونجد «مسارح الآلات» التي جذبت اهتمام رجال النصف الثاني من القرن السادس عشر، لكنّنا نلاحظ العديد من الاقتباسات وتكرّر الرسوم المنبثقة مباشرة من عمل فرنشسكو دي جيورجيو. هذا الأمر تجسّد عند مؤلفين اثنين: جاك بيسّون Jacques Besson الذي كان مهندساً وأستاذ رياضيات قبل أن يلجأ إلى جنيف، نشر في ليون Lyon، عام 1569، كتابه «مسرح الأدوات والآلات» الذي كُتب باللاتينية ولكن تُرجم إلى الفرنسية، الألمانية والإسبانية؛ الإيطالي راميلّي Ramelli كان مهندساً عسكرياً في جيوش شارل كينت Charles Quint قبل أن يصبح مستشار هنري دانجو Henri d'Anjou ملك بولندا الذي أصبح فيما بعد هنري الثالث. وقد ظهر كتاب راميلّي حول «الآلات المتنوّعة والفنّية» بالإيطالية والفرنسية عام 1588. هذان العملان هما عبارة عن ديوان للميكانيكيات المتنوّعة، ونجد فيهما معظم الأحيان حلولاً عدّة لمسألة واحدة. وقد أشار الأب روسّو Russo إلى أنّه إن لم يكن هذان العملان مجردين من الروح الجدّية، وإن كنّا نلمس فيهما الرغبة بخدمة أهل المهنة فإنّ ما يغلب عليهما هو طابع اللعب والتسلية، وأيضاً تبحّر وتصوّر في مجال الميكانيك.

أهمّ منهما هي الدراسات الكبيرة التي تكاثرت في القرن السادس عشر وأخذت تطال

عدداً أكبر فأكبر من التقنيات. ومن خلال هذه الدراسات نحسّ فعلاً بظهور النظام التقني الجديد وبجميع تطوّراته. إنّها تشير أيضاً إلى قطاعات تقليدية ضعيفة الحركة، وعلى رأسها التقنية الزراعية. عن العلماء الزراعيين القدماء اكتشفنا إحدى وثلاثين طبعة بين العامين 1470 و 1550، كذلك طُبع بيار دو كريسّان بكثرة وتُرجم إلى لغات أخرى. لكنّ هذه الدراسات كانت تمثّل تقنيات قديمة ولاغية نوعاً ما: كانت تتعلّق بشكل خاص بالزراعات المتوسطّية. لهذا ندهش لظهور دراسات جديدة خلال القرن السادس عشر، لم تقدّم تطوّرات كبيرة بالنسبة لتقنيات القرون الوسطى: دراسة من الإنكليزي فيتزهربرت Fitzherbert (عام 1523 وثماني طبعات قبل العام 1550)، كتاب Libro de agricultura للإسباني ألونسو إيرّيرا Alonso Herrera (1539)، كتاب La Coltivatione للإيطالي لويجي ألاماني Luigi Alamanni (1546). أمّا أولى نشرات «البيت الريفي» La Maison rustique التي نجحت مطوّلاً فيما بعد، فقد طبعت قليلاً بعد العام 1530، ولا يمثّل «مسرح الزراعة» من أوليفيية دو سير Olivier de Serres أيّ تطوّر بالنسبة لسابقيه. أما العمل الأكثر أصالة وتميّزاً فيبقى مؤلّف برنار باليسّي Bernard Palissy.

بالعكس في مجال المناجم والصناعة المعدنية فإنّ كلّ الدراسات التي نملكها تعكس تطوّرات مهمّة. من الكتاب الصغير Bergbüchlein (عام 1505 وخمس طبعات قبل العام 1540)، إلى الدراسة الكبيرة والحديثة آنذاك التي وضعها جورج أغريكولا Georg Agricola وهي De re metallica (بال Bâle، 1969) وتتناول المناجم والصناعة المعدنية، وإلى كتاب Pyrotechnie للإيطالي بيرينغوكشيو Biringuccio الذي يهتّم بالصناعة المعدنية. كذلك عرفت الكيمياء إنجازات مشابهة وقد نشر كتاب برونشفيغ Brunshwygk، واسمه de arte distillandi، في ستراسبورغ Strasbourg عام 1500. وصدرت دراسة في الصباغة Mariegola dell'arte di tintori لم يُعرف صاحبها، وذلك عام 1510، أمّا أوّل دراسة كبيرة في الصباغة فقد صدرت في البندقية عام 1548. ويبدو لنا من غير المجدي تقريباً أن نذكر هنا كلّ الدراسات الكثيرة في مجال الهندسة المعمارية التي ترجمت فنّاً جديداً، وكذلك بالنسبة للتحصين الذي عرف، بعد مؤلّف ألبير دورير Albert Dürer عام 1527، مقلّدين بارعين مثل باتيستو ديلاّ فالّي Battisto della valle الذي طُبع كتابه عشر مرّات من العام 1524 حتّى 1558، ومثل ايرار دوبارلو دوك Erard de Bar- le - Duc عند نهاية القرن. وقد سبق أن ذكرنا كم من المفيد أن يجري فرز دقيق ومفصّل لكلّ هذه الكتابات.

إنّ هذه المؤلّفات تعتبر مهمّة من حيث إنّها غيّرت في الطرق المعتمدة ذلك العصر،

وهي الشهادة على تحوّل تقني جرى لتوّه آنذاك. ويُظهر تكرارها على طول القرن وخلال قسم كبير من القرن السابع عشر وجود وعي لذلك التحوّل ولكن أيضاً عدم الاعتقاد بفكرة حدوث تحوّلات أخرى. لم يكن الهدف هو الاختراع، بل التحسين، ودفع النظام القائم حتّى حدوده وإعطاؤه التطوّرات الجدير بها. الأمل الوحيد البارز هو التوصّل إلى آلية منتشرة، مطبّقة في جميع الميادين.

النظام الكلاسيكي

إنّ تلك الآلية هي ربّما أكثر ما يميّز مجمل النظام التقني الذي ولد في عصر النهضة، وهي بالطبع آلية قد لا يأخذها بعضنا بعين الاعتبار، إلاّ أنّها كانت تمثّل تطوّراً كبيراً بالنسبة لتقنيات القرون الوسطى. العائق الوحيد فرضته المادّة: فقد كانت جميع الآلات من الخشب ممّا كان يزيد من صعوبة التشبيكات والتوزيعات؛ وكان التلف واستحالة الحصول على تجميعات متينة يجعلان سير تلك الآلات متأرجحاً جداً، ويحدّان من قوّتها ويقلّلان من سرعتها.

لا شكّ في أنّ اكتشاف نظام الساعد ـ الرائد، وهو عبارة عن أوالية تنقل الحركة ولكنّ تغيّرها من حركة رحوية إلى حركة مستقيمة متناوبة، والعكس بالعكس، كان أساس الآلية الحديثة. لا يبدو أنّ هذا الانتقال وهذا التحوّل في الحركة كان معروفاً خلال العصر القديم أو القرون الوسطى، فعلى الأقلّ لا نجد ما يدلّ عليه من نصوص أو من مصوّرات، ولو كان هذان العصران قد عرفاه فعلاً لكانت آليتهما متطوّرة أكثر بكثير. إلاّ أنّ هذه الأوالية كانت تنطوي على العديد من السيّئات، فمن الناحية المادية البحتة كان يصعب تحقيق التجميعات المتحرّكة وكانت كثرة الاحتكاك تمتصّ جزءاً لا يُستهان به من الطاقة. كما كان هناك صعوبة أخرى لم يغفل عن ذكرها علماء ذلك العصر: عبور نقطتين ميتتين واقعتين عند طرفي القطر الواقع في امتداد الساعد.

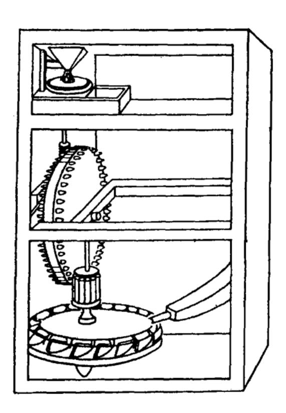
أوّل مثل وجدناه على هذا النظام، ولم يكن بعد مكتملاً، كان في مخطوطة لكييسير Kyeser من أقصى نهاية القرن الرابع عشر: وكان ضمن رحى للحبوب تتحرّك بواسطة الذراع حيث كان الساعد امتداداً لذراع الإنسان. ثم رويداً رويداً ومن خلال كلّ كرّاسات المهندسين الذين ذكرناهم رأينا عملية تطوّر استعمال هذه الأوالية. ولكن نرى ضمن نفس المجموعة محاولة التغلّب على السيّئات. لقد ظهر المقود ليحافظ على الحركة ويلغي النقطتين الميتتين، حتّى أنّنا نصل مع فرنشيسكو دي جيورجيو إلى فكرة الضابط ذي الكرات، ولكن بطريقة محدودة وناقصة حتماً.

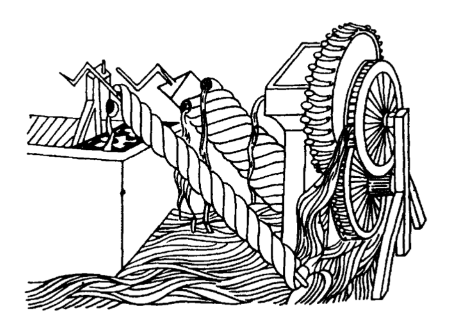
التطبيقات الأولى كانت بطيئة الظهور، ولا نرى في جميع الصور الأولى تقريباً نظام الساعد ـ الرائد مستعملاً سوى في الطواحين الذراعية. ونراه أيضاً في الأدوات ذات الدوّاسات مثل دولاب المغزلة الذي كان يُحرّك قبلاً بواسطة اليد كما تدلّنا المصوّرات. ومن هنا ربّما يكون قد انتقل إلى كلّ الأدوات التي تتحرّك بواسطة دوّاسات، مثل رحى الشحذ. بعد ذلك تمّ تكييف هذا النظام مع الآلات الكبيرة، لا سيّما الآلات التي كانت تتحرّك بواسطة عجلات الطاحونة والتي كانت تحتاج بالضبط إلى تحويل الحركة الرحوية إلى حركة ذهاب وإياب تناوبية: المناشير الهيدرولية، المضخّات الرافعة والدافعة. في أعمال القرن السادس عشر نلاحظ انتشار هذه الأوالية الجديدة، بصورة تدريجية ولكن بطيئة بسبب صعوبات التجميع.

وإذا وضعنا نظام الساعد ـ الرائد على رأس الاختراعات المهمّة في ذلك العصر، فهذا لأنّ كلّ الآلية الحديثة قد انبثقت عنه. أوّل دولاب مغزل بدوّاسات نملك صورة عنه، أيّ أول مخرطة بدوّاسات في الواقع، نراه على مخطوطة تعود للعام 1470. بالنسبة للمناشير الهيدرولية، فقد نقل إلينا فرنشسكو دي جيورجيو رسومات كذلك من نفس العصر تقريباً. وفقط ضمن أعمال أغريكولا، من منتصف القرن السادس عشر، رأينا ظهور أولى المضخّات الرافعة والدافعة المتحرّكة بواسطة عجلة هيدرولية مع نظام ساعد ـ رائد، إلاّ أنّ صعوبات الصنع أو التسيير خفّفت من أهمّيته. وإن كان انتشار هذه الأوالية بطيئاً فإنّها لم تتورّع عن وضع الآلة بحدّ ذاتها في مركز التطوّر التقني.

بالطبع كانت الأوالية المتطوّرة تستدعي طاقة متزايدة القوّة، إلاّ أنّنا بقينا عند العجلة المائية، ضعيفة المردود، وعند الطاقة الهوائية التي كانت قليلة الاستعمال، ولم يكن بالإمكان تصوّر أيّ طاقة أخرى في ذلك العصر. إنّنا لا نأخذ على محمل الجدّ كلّ ما قيل بشأن محاولات في مكنة البخار، حيث إنّ أبحاث ليوناردو دافينشي ومحاولات برانكا Branca في بداية القرن السابع عشر من أجل وضع تربينة بخارية، لم تكن سوى ترجمة لما كنّا نعرفه، منذ كرة هارون الإسكندراني، عن قوّة البخار. كذلك كان بالإمكان تسيير جهاز برانكا ضمن نموذج مصغّر، كما كانت تتمّ إدارة مدوّرة السفود بواسطة الهواء الساخن. ولم يكن بالإمكان استخدام جهاز ليوناردو دافينشي، الذي يعتمد اسطوانة ومكبساً، طالما لم نكن نعرف بالضبط تأثيرات التكاثف، أي الفراغ الذي لم يكن يُعترف به ذاك العصر، أو مفعول الضغط الجوّي الذي كان أيضاً مجهولاً.

الدرب الوحيدة التي سلكت كانت تحسين الآلات الموجودة من أجل زيادة مردودها وبالتالي كمّية الطاقة المتوفّرة. هكذا يجب فهم الأبحاث الأهمّ لليوناردو دافينشي حول





شكل 9. ـــ استعمال القوة الهيدرولية.

في الأعلى، أول مثل عن التربينة لفرنشسكو دي جيورجيو مارتيني في الأسفل، لولب أرخميدس وناعورة لليوناردو دافنشي.

عجلات الطاحونة، حول زاوية أخذ المياه وحول شكل الريشات التي تؤلف العجلة. هنا يكمن مشروع تكنولوجيا للعجلة الهيدرولية لم يكن موجوداً قبل ذاك الحين، إلاّ أنّه لا يبدو أنّ أحداً ما قلّد العالم الفلورنسي الكبير أو تبعه في هذا المجال.

كلّنا نعرف النقاشات التي دارت حول طواحين العجلة الأفقية، لقد ذُكر كلّ شيء ولا حاجة بنا لأن نعيد هنا الحجج المطروحة، لكنّنا نشير إلى أنّه من العجلة البسيطة ذات الريش والمحور العمودي إلى التربينة المائية هناك طريق طويلة وأنّ الآلتين مختلفتان تماماً. وإذا كان هناك من تطابق في بعض النواحي فإنّ العجلة غارقة في الماء ممّا يُعد اهتراء الخشب، والتجلّد بشكل من الأشكال، بينما التربينة المائية فهي محجوزة وهكذا لا يتحرّك التيار المائي إلاّ في اتّجاه معيّن؛ من جهة أخرى كان يجب أن ندفع الريشات بتيّار الماء بأقصى قوّة بواسطة صنبور أو وصلة ملائمة.

إنّ النصوص لا تعطينا استنتاجات دقيقة حول هذا الموضوع ونرى أوّل مصوّرات للطاحونة ذات العجلات الأفقية في مخطوطة سمّيت بمخطوطة الحرب الهوسّية (نحو العام 1430)، وكانت عبارة عن مجرّد عجلة أفقية وليست تربينة هيدرولية حقيقية. من جهة أخرى كان يقال في كلّ مكان تقريباً، في باڤاريا Bavaria كما في البيرينيه Pyrénées إنّ هذا النوع من الطواحين ولد في تلك المناطق في القرن السادس عشر. فرنشسكو دي جيورجيو ذهب إلى أبعد من ذلك بعض الشيء، حيث كان رسمه عبارة عن حلقة في سلسلة بدايات التربينة الهيدرولية، ونجد فيها العجلات الأفقية، الريشات المنحنية، وصول الماء إلى العجلة عبر أنبوب مع الوصلة المناسبة (شكل 9). هل يجب الافتراض، كما يوحي لنا الرسم، بأنّ العجلة معزولة عن التيار؟ لن نعرف أبداً حقيقة هذا الأمر. إلاّ أنّه يجدر منذ الآن القول إنّ هذه التقنية لم تعرف انتشاراً كبيراً: إنّ طواحين منطقة بازاكل Bazacle، قرب تولوز Toulouse، ونرى صوراً جميلة لها في «الموسوعة»، يبدو أنّها كانت، في القرن الثامن عشر، عبارة عن أوّل تطبيق لها.

ربّما كانت فعالية التصوّر الخلاّق أكبر في ما يتعلّق بالطاحونة الهوائية. لقد رأينا أنّ المشكلة الأدقّ كانت في إيجاد طريقة تتيح وضع الأجنحة تجاه رياح دائمة التغيّر، وإن كان يضع درجات. الحلّ الوحيد في القرون الوسطى كان بناء طواحين من الخشب، تدور فوق قوائم ثلاثية ضخمة. أمّا طاحونة العمارة فقد ظهرت في القرن الخامس عشر وكانت أشدّ صلابة وذات سطح يدور، ولأجل هذا كان يتعيّن تكييف الأواليات الداخلية. المفروض، ونقول هذا لأنّ مصادرنا ليست صريحة بهذا الشأن، أن تكون الطاحونة الهوائية الجديدة قد ظهرت عند بداية القرن الخامس عشر؛ ومخطوطاتنا التي تمتدّ من نهاية القرن الرابع عشر

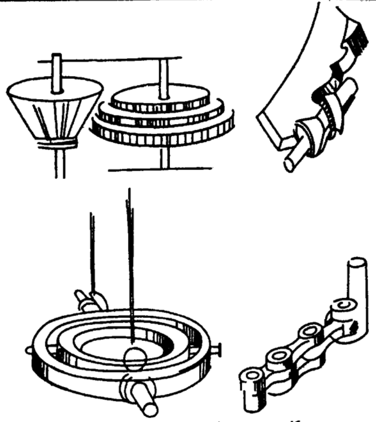
حتّى منتصف القرن الخامس عشر لا تعرض سوى صور للطاحونة ثلاثية القوائم. لكن ما إن أصبح جسم الطاحونة ثابتاً حتّى بدأت الطاقة الهوائية تتكيّف مع أعمال أخرى غير طحن القمح. كذلك من المحتمل أن يكون النصف الأوّل من القرن الخامس عشر قد شهد، في هولندا، استعمال الطواحين الهوائية لتشغيل لولب أرخميدس وتفريغ مياه الأراضي الواطئة. وفي نهاية القرن استخدمت في النشر، دائماً بواسطة نظام الساعد ـ الرائد.

على أيّ حال يعود الانتشار الكبير للطاحونة الهوائية في بلاد مثل هولندا إلى النصف الثاني من القرن السادس عشر، وفقط في القرن السابع عشر نراها تظهر على نطاق واسع في بلدان أخرى. لكن في إسبانيا، ونحو منتصف القرن السادس عشر، كان أورتيز Ortiz يوصي باستعمال واسع لها في المناطق حيث الأنهار غير منتظمة وفقيرة. وكلّنا يذكر معركة دون كيشوت مع الطواحين الهوائية، التي اعتبرت استحداثاً يخالف روحاً تقليدية معيّنة.

بالإضافة إلى هذا جرت محاولات للتخفيف من امتصاص الطاقة الممثّل في التشبيكات المختلفة وكانت جميعها بالطبع من الخشب (شكل 10 إلى 12). هنا أيضاً قام ليوناردو دافينشي ببحث حول التشبيكات؛ كان يجب تجنّب الاحتكاكات البالغة وبالتالي الاستهلاك والسير بلا انتظام. وإن كان لم يصل إلى نتيجة مرضية فعلى الأقلّ نراه يهتمّ بشكل الأسنان وبالعديد من المشاكل الصغيرة التي كانت تواجه صانعي الآلات، حتّى أنّه توصّل إلى التشبيكات ذات المقطع شبه المنحرف. ويقدّم لنا بيسّون Besson الصور الأولى عن تشبيكات غير منتظمة استخدمت في المخارط. لكنّنا نردّد أن المادّة الأساسية أي الخشب كانت تقف عائقاً أمام تحسين أو تطوير أجهزة توزيع الحركات في آلات ذلك العصر.

لا شكّ في أنّ النظام التقني الجديد أكثر ما يتجلّى في تقنيات الاستثمار. الزراعة بقيت إحدى النشاطات الأساسية لدى سكّان أوروبا الغربية وكان يصعب التعديل في التقاليد المتّبعة، وأغلب الظنّ أنّ النظام التقني في القرون الوسطى أظهر في هذا القطاع عدم كفايته في تلبية حاجات كان عليه أن يغطّيها. وقد أشرنا من جهة أخرى إلى أنّ العلم الزراعي، مستعيداً أعمالاً من القرون الوسطى أو حتّى قديمة، لم يقم سوى بتقدّم بطيء.

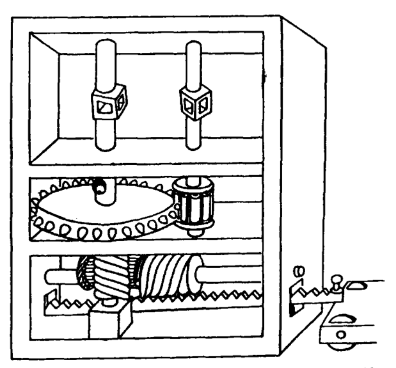
التقنيات الزراعية المحضة وأنظمة دورة الزراعات لم تتغيّر أبداً تقريباً، يمكننا على الأكثر ذكر انتشار متواصل للمحراث الثقيل، أقلّه في الأراضي الكثيفة. ولا شكّ في أنّ توسّع الصناعة المعدنية، الذي سنعود إليه، قد حسّن في جهاز الأدوات عبر انتشار استعمال المعدن. من جهة أخرى زاد الاهتمام بالأراضي الزراعية: ريّ، تجميع دوري للتربة، ومن هنا يمكننا التأكيد على تطوّر جرى في تربية الماشية.



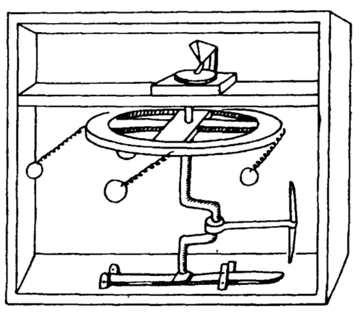
شكل 10. ــ نماذج تشبيكات (ليوناردو دافينشي).

في الواقع كان التغيّر الأكبر يتمثّل بوصول النباتات الجديدة، وكان هذا الأمر متأخّراً بالنسبة لبعضها. بالوصول الجديد لا نعني فقط ما حُمل مع اكتشاف أمريكا بل أيضاً وخاصّة، خلق أصناف تُزرع وتؤكل لنباتات كانت حتّى ذلك الحين بريّة وصعبة الاستهلاك. إنّ المؤرّخين لطالما انجذبوا بما قدّمه العالم الجديد وقلّما أعاروا انتباههم للتحوّلات النباتية التي جرت في الحدائق الإيطالية التي كانت في بعض الأحيان عبارة عن مناطق مرور. بالطبع كان انطلاق العلم النباتي مهمّاً ولكنّه لاحقاً لتلك الاكتشافات لأنّه لا يعود إلى أبعد من منتصف القرن السادس عشر.

لطالما كانت المساهمة الأمريكية، في بعض الحالات، عرضة لنقاشات لم تُغلق حتّى اليوم، فهناك في الواقع نباتات يسلّم البعض بأصلها الأمريكي في حين يعتقد آخرون بمجيء أصناف أمريكية لنباتات كانت تعرفها أوروبا ما قبل كولومبس مسبقاً. هكذا مثلاً بالنسبة للذرة، فقد تأكّدت زراعتها في الأندلس منذ العام 1500، وفي البرتغال نحو 1515-1525، واعتقد بعض مؤرّخي النبات بزراعتها في أوروبا قبل العام 1492 ولكن عبر صنف قليل المردود وربّما صعب الأكل، لذلك قد تكون الذرة انتشرت، انتشاراً سريعاً نسبياً، بواسطة صنف جاء من أمريكا. كذلك يبقى شكّ بالنسبة لنباتات أخرى؛ لقد زرعت الفاصولياء في بيلوّنو Belluno في إيطاليا على يد العالم الأنسي فاليريانو Valeriano، وقد افترض أنّها



شكل 11. ـــ استعمال اللولب غير المتناهي (فرنشسكو دي جيورجيو).



شكل 12. ـــ اول محاولة للضبط (فرنشسكو دي جيورجيو).

جاءت من ما وراء الأطلسي لكن الشكوك تبقى قائمة. في الواقع المساهمة الأمريكية الحقيقية الوحيدة هي البطاطا ويبدو حسب بعض الشهادات أنّ مجيئها كان متأخراً وانتشارها بطيئاً جدّاً. بالإجمال إذن كانت المساهمة الأمريكية محدودة نسبياً، بينما أرسل الغرب الأوروبي إلى القارّة الجديدة عدداً من النباتات التي شكّلت ثروتها فيما بعد: البنّ، قصب السكّر وبعض الزروع التي لم تكن معروفة هناك قبل مجيء كريستوف كولومبس.

أغلب الظنّ أنّ مساهمة إيطاليا في تطوير ومضاعفة النباتات التي تؤكل كانت هي الأهمّ، إلاّ أنّها ما تزال غير معروفة وتستحقّ دون شكّ أبحاثاً لم تجر إلى الآن. بقدر ما يمكننا الحكم من خلال المعلومات التي بمتناولنا يمكننا القول بتيارين كبيرين كانا يجريان في إيطاليا بهذا الصدد. عبر الأوّل كانت تمرّ النباتات والزراعات التي تناولها العرب أو، بشكل عام أكثر، الشعوب الشرقية، وكانت تأتي إمّا إلى جنوبي إيطاليا، وإمّا إلى مدينة البندقية، وهما منطقتان تتّصلان بالحوض الشرقي للبحر المتوسّط. ونذكر بضع حالات من قائمة طويلة قد يكون من المفيد الاطّلاع عليها؛ الخرشوف أو الأرضي شوكي تحسّن ببطء على يد العرب قبل أن يُعتمد على الموائد، وقد عبر من نابولي إلى فلورنسا عام 1466، وصل البندقية عام 1480 ثمّ اجتاز الحدود الفرنسية نحو بداية القرن السادس عشر، ونشير إلى أنّ هذه التواريخ التي أخذناها عن وثائق معروفة قد لا تكون مطلقة. كذلك الأمر بالنسبة للشمام الذي ذكر وجوده في أڤينيون Avignon منذ نهاية القرن الرابع عشر، ونذكر أيضاً القنبيط الذي جاء من الشرق خلال القرن السادس عشر. هناك أيضاً نباتات جاءت إلى أوروبا عبر طرق أخرى، لا سيّما عبر البرتغال بواسطة بحّارته الذين كانوا يجوبون السواحل الإفريقية وقد أتوا حسب ما يُقال بكبش القرنفل وبالقرفة حتماً التي حملها فاسكودي غاما Vasco de Gama من جزر المولوكاس Moluques عام 1498.

التيار الثاني هو إيطالي محض، فقد جرى في الواقع في الحدائق الإيطالية تحسين وتدجين عدد كبير جدّاً من النباتات التي تنتظر من يقوم بإجراء أبحاث حولها. وهنا لا يتّسع لنا أن نذكرها بترتيب تام لأنّ معلوماتنا ما تزال ضعيلة جدّاً بهذا الصدد. كلّ النباتات الرومية، الخسّ الذي كان منتشراً منذ بداية القرن الخامس عشر، القرع، اليقطين، والباذنجان، جميعها ولدت في تلك الحدائق. وهناك أيضاً أنواع أخرى: الجزر وقد كان أكله مستحيلاً تقريباً بحالته البريّة وذلك لكثرة أليافه، اللفت أيضاً محسّناً ومطوّراً. الشيء نفسه بالنسبة للفواكه أو لبعض أنواعها؛ في النصف الثاني من القرن الرابع عشر دخلت ثمرة الفراولة (الفريز) إلى الحدائق بعد ما كانت تُقطف من الغاب فقط، كذلك أصبح توت العلّيق والكشمش نبتتين زراعيتين.

ما تزال الثغرات أكبر أيضاً في معلوماتنا حول نباتات أخرى ازدهرت بكثرة في القرون اللاحقة. في الواقع عند نهاية القرن الخامس عشر، ظهرت أصناف أدّت إلى نموّ الزراعات الاصطناعية ولكن فيما بعد ذلك التاريخ. كانت نبتة القصب معروفة في اليونان القديمة، وعادت في القرون الوسطى إلى البندقية قبل أن تعبر إلى لومبارديا Lombardie في القرن الخامس عشر، وإلى فرنسا خلال القرن السادس عشر؛ لقد كانت عبارة عن إعادة اكتشاف نوعاً ما. الشيء نفسه بالنسبة لنبتة الإيدوصارون، بينما جاء ظهور النفل الأحمر متأخّراً.

هناك أيضاً حركات كانت مبتدئة منذ وقت طويل ووصلت ذلك العصر إلى مبتغاها: انتشر النضم في أنحاء أوروبا الغربية وتابع الجنجل طريقه نحو الغرب حيث حلّ بيطء محلّ الشعير. ومع ظهور النباتات الجديدة شهدنا تراجعاً في بعض الأصناف القديمة: الذرة العادية أخذت محلّ الذرة البيضاء مثلاً. ويلزمنا القيام بمراجعات وبإحصاءات وبوضع خرائط تبدو اليوم بعيدة التنفيذ، وبهذه الطريقة فقط قد يمكننا أن نقيس على وجه الدقّة حجم هذه التحوّلات النباتية التي نشكّ فقط بمدى ازدهارها في العالم الغربي.

لقد أدّت هذه التغييرات إلى نتائج أهم ممّا قد يبدو للوهلة الأولى، وقد نتج عن كلّ الجهود تنوّع أكبر في غذاء الإنسان من خضار وسلطات وفواكه ساهمت بتوازن غذائي أفضل. إلاّ أنّ هناك ميادين لا نعرف شيئاً عنها للأسف، مثلاً ميدان تربية الماشية.

لا يبدو أنّ عصر النهضة غيّر الكثير فيما يتعلّق بالغابة. يمكننا على الأكثر، في ميدان الأصناف، أن نذكر نوع حور أشدّ صلابة. ونلمس اهتمام البلدان المتمركزة بالغابة عبر مجهود للتنظيم، حيث كان الخشب ما يزال المادّة الأوّلية الأولى. تعود الإصلاحات الكبيرة الأولى في فرنسا إلى نهاية القرن الرابع عشر، وفي البلد نفسه كان تنظيم إدارة الغابات، أي الاهتمام بها والسهر عليها، ينبثق عن القوانين الملكية من سنة 1520 حتّى 1544.

ليس هناك الكثير ما يذكر في مجال صيد الأسماك. لقد أدّى الاندفاع نحو أمريكا إلى اكتشاف أسراب سمك المورة الغنية التي يقول البعض إنّ البسكيين استثمروها منذ منتصف القرن الخامس عشر. ويُنسب إلى شخص يُدعى غليوم بوكيلز Guillaume Beukels، نحو العام 1447، اختراع طريقة رصّ سمك الرنكة في براميل؛ كان السمك يُحضّر، يُملّح ويوضع في براميل على متن السفينة ويصرّف إذن منذ لحظة وصوله إلى المرفأ، وهكذا كان يُستفاد من العودة للصيد. ولكن في الوقت نفسه أحدثت هذه التقنية الجديدة تحوّلات كبيرة في نشاطات سكّان السواحل الذين كانوا يعيشون من الصيد.

تربية الماشية، كما ذكرنا، لم تتغيّر كثيراً، بالرغم من بعض الابتكارات النباتية التي

ربّما كانت ملائمة لها. لقد ألّف جان دو بري Jean De Brie كتابه حول الرعي نحو العام 1379، وطبع هذا الكتاب قبل العام 1500. من جهة أخرى لا نعرف شيئاً عن الأعراق المدجّنة، لكنّ الطيور الداجنة زادت نوعين جديدين: الحبيش الذي جاء من غينيا في بداية القرن السادس عشر، والديك الرومي الذي ظهر عند نهاية القرن الخامس عشر. أمّا صيد الحيوان والطيور فقد زوّد موائد الميسورين بكميّات من الطرائد، بينما كان الآخرون يأكلون القليل من اللحم ويكتفون بلحم الخنزير بشكل عام، ونشير إلى أنّ مادّتنا الوثائقية في هذا المجال هي ضعيفة بشكل خاصّ.

بالطبع لا يجدير بنا أن ننظر إلى المسألة بطريقة عكسية ونستنتج حدوث تحوّلات عميقة في الزراعة لمجرّد حدوثها في ميادين كثيرة أخرى من عصر النهضة، فعلى قدم التقنيات الزراعية كان هذا المجال قابلاً للتطوير، لا سيّما في مجال الأدوات كما تدلّنا أفكار أوليفييه دوسير Olivier de Serres. وقد كانت هذه التطوّرات مهمّة في مجال العلم النباتي وخاصّة في الحدائق النباتية: حديقة بادوا Padoue وتعود إلى العام 1533، حديقة سولونياSologne من العام 1567، كما نجد حديقة في لايدن Leyde تعود إلى العام 1577. أمّا المثل الفرنسي فيظهر لنا تطوّر هذه المؤسّسات منذ الحديقة التي أقيمت عام 1540 في توفوا Touvoie، بالقرب من مان Mans، بواسطة المستكشف بيلون Belon من أجل الأسقف رينيه دوبيلّي René du Bellay، حتّى الحديقة التي أقامها غليوم روندليه Guillaume Rondelet في مونبيلييه Montpellier والحديقة التي أقامها عطّارو باريس عام 1576. هذه الحدائق كانت إمّا حدائق تجلّى فيها الفضول العلمي وإمّا حدائق نباتات طبيّة. أمّا أوّل حديقة نباتية متعدّدة الاختصاصات فقد أقيمت في مونبيلييه عام 1593 بناء لمرسوم من هنري الرابع. حديقة النباتات Le jardin des Plantes التي تقرّر تأسيسها عام 1626 وتمّ التنفيذ عام 1635، أقيمت في الأصل لأهداف طبّية ثمّ أصبحت حديقة للتجارب والاختبارات. إلاّ أنّ المختبر الكبير الذي سمح بزيادة عدد الخضار بشكل واضح كان البستان العادي الذي ظهر خلال القرن الخامس عشر وقد كان تجسيداً لعمل أكثر تقدّماً وعناية وبحثاً.

من جهة أخرى يدهشنا أن نلاحظ أنّ المعاصرين أنفسهم وعوا هذا النوع من الركود في التقنيات الزراعية، وكان هذا في جميع الميادين. لقد كان الإيمان بفضائل التجربة المكتسبة قوياً ولذلك نرى تعثّر ما هو جديد في أن يُقبل ويثبت نفسه. بالطبع كان من الممكن تصوّر محاريث خفيفة كي تحلّ مكان الجرف اليدوي في الكروم: لم تظهر هذه التقنية في منطقة البوردليه Bordelais قبل القرن الخامس عشر، كما أنّه من الممكن أنّ تنوّع

الآلات والأدوات كان بطيئاً جداً. حول هذا الموضوع قد يفيدنا الاطّلاع بشكل منهجي على المصوّرات الموجودة، ولكن إذا كنّا نلمس للوهلة الأولى تطوّراً واتقاناً في الأدوات لا سيّما من ناحية زيادة استعمال المعدن فإنّ التنوّع في جهاز الأدوات يبقى غائباً.

كلّ هذه الأمور تؤكّدها لنا النصوص وبشكل حاسم، ففي نهاية القرن السادس عشر كان أوليفييه دوسير ينصح بالإبقاء على كلّ جهاز الأدوات: «لا تغيير للسكّة، بسبب خطر الخسارة الذي يتضمّنه كلّ تحوّل». هل يوجد جملة معبّرة أكثر؟ بالمقابل كان برنارد باليسّي Bernard Palissy، في اتّجاه معاكس ولكن دون أن يقدّم أيّ حلّ ملموس، يشير إلى أنّه إذا كانت جهود المهندسين العسكريين قد نجحت في تحسين جميع تقنياتهم، من التحصين إلى التسلّح، فإنّ عبقرية الانسان ذاك العصر كانت تزدري التقنيات الزراعية وجهاز الأدوات الذي بقي «عند طور تقليدي». حتّى أنّ تلك الأمور كانت تؤدّي أحياناً إلى بعض الضلال، مثلاً كان أوليفييه دو سير، وأيضاً شارل إستيان Charles Estienne في «البيت الريفي»، يطريان على استعمال المحراث العادي وينبذان استعمال المحراث البسيط دون أن يأخذا بعين الاعتبار طبيعة الأرض، سماكة الطبقة الزراعية والطوبوغرافيا. وهنا نلمس في هذا روتيناً تبسيطياً لم يكن يخلو من الخطر.

هنا أيضاً ربّما كان التطوّر يحدث بعيداً عن النظريات. الإتقان الوحيد الذي يمكننا الإشارة إليه في أدوات الحراثة هو المرفاع، الذي ظهر على ما نعتقد مع مرفاع المدفعية، وهناك مخطوطة من دوق بيري Berry، من العام 1404، تعرض أوّل مثل عن هذا المرفاع وهو مثل جدير بالملاحظة، حيث نرى مقدّم العربة ذا عجلتين مع مرفاع هو عبارة عن عصا متشعّبة تضبط بواسطة وتد وخمسة مواضع تستند إليها قبضة المحراث: كلّما يقترب الوتد من السكّين تكون الحراثة أقلّ عمقاً. وهناك أيضاً مخطوطة من جيل الرومي Gilles de Rome، تعود إلى بداية القرن الخامس عشر وتعطي صورة جهاز ضبط مختلف.

بالنسبة للعمليات الزراعية الأخرى كاستعمال المحدلة والمشط ذي الأسنان الخشبية أو الحديدية فقد اقتصر أوليفييه دي سير وإستيان على تكرار ما كان موجوداً منذ وقت بعيد.

من حيث إنّ البعض يعتقد بوصول النظام الزراعي في القرون الوسطى إلى حدوده وباستعادة نشاطه بفضل ظهور نظام تقني جديد، يبدو لنا انطلاق الزراعة ثانية، في القرن الخامس عشر، دون تحوّل عميق. حتّى مع إدخال بعض التنوّع في الإنتاج الزراعي، هل تغيّر مستواه الكمّي أم لم يتغيّر؟ من حيث إنّ النمو السكّاني لم يقم، حتّى نهاية القرن الخامس عشر، سوى بالتعويض عن خسارات الأزمة الكبيرة خلال القرن الرابع عشر، فإنّ زيادة الإنتاج

لم تكن ضرورية جدّاً، وقد يكون من المستحسن أن ندرس منهجياً الزراعة في القرن السادس عشر وكان عليها دون شكّ أن تلبّي حاجات شعب كثر عدده كما كثر حتماً استهلاكه الفردي. لم يجب مؤرّخو الزراعة بعد عن هذه المسألة، ربّما لأنّ المادّة الوثائقية الموجودة قلّما تناولتها، ولا بدّ من بحث في هذا الاتّجاه يضعنا على طريق اكتشافات مفيدة جدّاً لتاريخ التقنيات.

أمّا استثمار باطن الأرض فقد عرف من جهته تحوّلاً عميقاً. هناك نزعة مستمرّة لتقديم التقنيات المشروحة في دراسة أغريكولا Agricola الشهيرة على أنّها تعود إلى القرون الوسطى، إلاّ أنّها بالعكس، ويقيناً، الصورة الصحيحة عن التطوّرات المحقّقة في عصر النهضة. لقد سبق أن ذكرنا أنّ المناجم في نهاية القرون الوسطى بدأت تُهمل شيئاً فشيئاً وأنّها استعادت النشاط في الربع الثاني من القرن الخامس عشر كي تزدهر وتزدهر حتّى نهاية القرن. أزمة ونهضة كان لهما أسباب متعدّدة يجب أن نذكر ضمنها التقنية. بعد استنفاد العروق السطحية، كان استثمار العروق الأعمق يطرح مصاعب تقنية لم يكن اجتيازها سهلاً: تفريغ الحثالات وركاز المعدن، تصريف المياه، إن أردنا ذكر الأهمّ بينها. وبسبب الافتقار إلى الأدوات أو الآلات اللازمة كان العمل مستحيلاً أو بطيئاً جداً ومكلفاً جدّاً.

بالطبع لم يجر التحوّل دفعة واحدة، حيث كان خلف استعادة النشاط أسباب اقتصادية بشكل أساسي . إنّ رافدة مذبح أنابرغ Annaberg، مدينة في ساكس Saxe تقع وسط القطاع المنجمي الذي اكتشف نحو العام 1425، وهي لوحة رسمها هانس هس Hans Hesse نحو 1520-1521 أي بعد قرن، تمثّل لنا تقنيات لم تكن بعد قد تطوّرت: سراديب مع دعامات من الخشب، خنزيرات تتحرّك بواسطة الذراع، ومناكش بسيطة لفصل المعدن عن جدار المنجم. الشيء نفسه تقريباً نلحظه في مخطوطة سانت ماري Sainte - Marie - aux - Mines التي رسمها هنريش غروس Heinrich Gross نحو العام 1530: كان يتعيّن أيضاً وضع سلاسل من الخنزيرات الذراعية لرفع ما أنتجه المنجم من مستوى إلى مستوى آخر، لكنّنا نرى في تلك الصور عربة صغيرة تسير على سكّة خشبية. وفجأة، في منتصف القرن السادس عشر، يقدّم لنا أغريكولا أجهزة متطوّرة جدّاً آنذاك.

تماماً كما كان علم النبات مفيداً للزراعة، كانت الجيولوجيا، أو أولى عناصرها، ضرورية للبحث عن العروق المعدنية، لمعرفتها واستثمارها. بالطبع كانت بعض الأمور تحدث بالصدفة، خاصّة في القرن الخامس عشر: ويظهر لنا هذا من خلال الاكتشافات التي نُسبت إلى تدخّلات من قبل القدر. بعد ذلك تُرك قضيب البندق وإن كان قد استعمل بكثرة قبلاً. ويظهر لنا كتاب Bergbüchlein، وتعود أولى طبعاته إلى بداية القرن السادس عشر،

وكتاب أغريكولا أنّ العلم الجيولوجي تنظم بيطء، كان ما يزال ناقصاً ولكن قادراً على توجيه التنقيب بشكل أفضل.

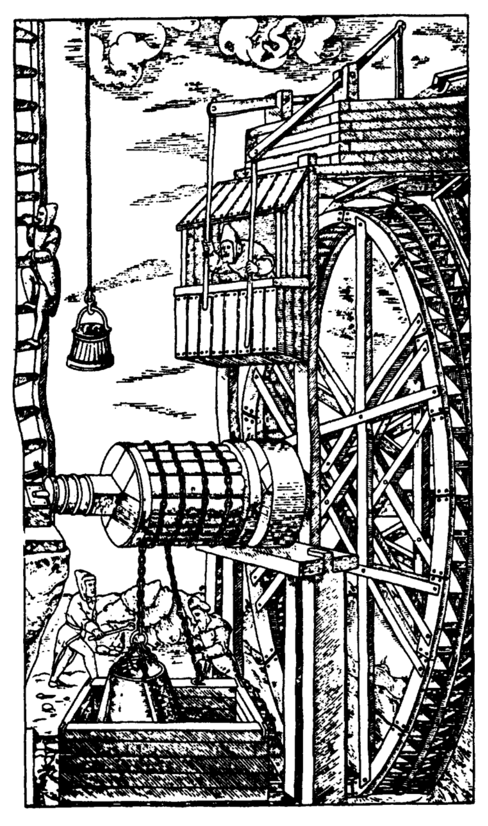
كان حفر الآبار، التخشيب، شقّ السراديب، حفر آبار التهوية تُظهر قبل أغريكولا تقنيات تقليدية نراها في رافدة مذبح أنا برغ،، مخطوطة سانت ماري أو مخطوطة كوتنبرغ Kuttenberg (كوتنا هورا Kutna Hora في بوهيميا، وقد حفظت المخطوطة في فيينّا). هناك من يزعم أنّ البارود استعمل للمرّة الأولى عام 1527 في شمنيتز Chemnitz، ومن الممكن أيضاً أن تكون البوصلة قد استخدمت في المناجم.

في الواقع تتعلّق الثورة التقنية التي يقدّمها لنا أغريكولا بصورة أساسية بآلية متطوّرة ظهرت على ما نعتقد نحو نهاية القرن الخامس عشر كما يتأكّد لنا من خلال ما وجدناه في مناجم الملح في فيليكا Wielicka في بولندا، وتطوّرت بشكل كبير في النصف الأوّل من القرن السادس عشر. وتشكّل هذه الآلية نقاطاً مهمّة في سياق الاستثمار المنجمي.

كان يتمّ تصريف المياه، الذي ربّما كان خلف ترك عدد من المناجم، بواسطة آلات *قد تكون استُخدمت في فترات أبعد، لا سيّما الأجهزة ذات السلاسل والكسرات*: ونرى أمثلة عنها لدى أغريكولا كما في نجادة سالان Salins وهي أقدم بقليل. كانت الأوالية تتحرّك بواسطة مدار تجرّه خيول أو حيوانات أخرى، إلاّ أنّنا نجد عند أغريكولا، وعنده فقط، مضخّات رافعة ودافعة تحرّكها عجلات مطحنة بواسطة نظام الساعد ـ الرائد. وكانت من أجل الوصول إلى بعض الأعماق توضع إحداها فوق الأخرى وترتبط بمصدر طاقة أوحد. عندما كان مدّ الأنابيب صحيحاً، وقد اهتمّ أغريكولا كثيراً بهذا الأمر، كانت وسائل تصريف المياه تصبح أفضل أكثر فأكثر حتّى ولو لم تكن تلك الآلات تعمل دائماً كما يجب.

كذلك تمّ تحسين آلات الرفع، فقد حلّت المدوّرة محلّ الخنزيرات الذراعية كما نرى في مخطوطة كوتنبرغ. وعند أغريكولا ظهرت آلة هيدرولية غريبة بعض الشيء (شكل 13) وكانت مؤلّفة من عجلتين متلاصقتين تنحني ريشات كلّ منهما بعكس اتجاه ريشات الأخرى، وكان الماء اللازم لتشغيلهما يصل في خزّان مزوّد بسكور عدّة ما كان من العامل إلاّ أن يفتح أحدها حتّى يدير الخنزيرة، الضخمة، في الاتّجاه الذي يريده.

داخل المناجم، كان النقل يتمّ على العربة الصغيرة ثلاثية العجلات والتي تسير على دروب خشبية. لقد قدّم لنا أغريكولا رسومات كلّ هذه الأجهزة بأكثر ما يمكن من الدقّة. من الممكن أيضاً أن يكون استعمال المنقلة قد ساعد المستثمرين.



شكل 13. ـ آلة رافعة ذات حركة انعكاسية.
(أغريكولا، 1556).

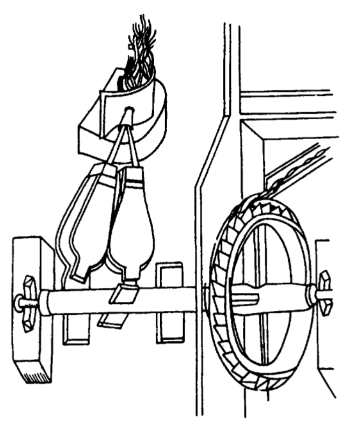
إذن يمكننا القول إنّ الصناعة المنجمية انطلقت بفضل اعتماد آلية أكثر تطوّراً واستعمال الطاقة المائية. لكن من الضروري أن نحدد الأفكار التي قد توحي إلينا بها صور أغريكولا؛ لقد قلنا بصعوبات تشغيل آلات كتلك، لكن هناك أيضاً اعتمادها التدريجي. يُقال إنّ أوّل استعمال للمضخّات الرافعة والدافعة كان عام 1531 في منطقة لياج Liège. من جهة أخرى، باستثناء مشكلة الماء، لم تكن آلات أخرى ضرورية جدّاً إن لم تكن التقنيات تتطوّر في الأسفل، لم يكن هناك من حاجة لآلات أقوى لرفع المواد في حال بقيت تقنيات فصل المعدن على ما كانت عليه في القرون الوسطى. هناك نقاط تتعيّن دراستها بصورة أفضل: إذا كان البارود قد استعمل في وقت ما من القرن السادس عشر، عندئذٍ يمكن تبرير استعمال آلات رفع المواد تلك. بعبارة أخرى كانت فكرة وتطبيق تلك التقنيات الحديثة يفترضان تحوّلاً مشابهاً في التقنيات الموازية لها. يبدو أنّ عمّال مناجم بوهيميا، وساكس وحتّى منطقة لياج هم من ابتكر هذه التقنيات الجديدة، ولهذا السبب كان يتمّ استدعاؤهم من قبل جميع أنحاء أوروبا الغربية تقريباً، من فرنسا وانكلترا كما من روسيا.

هناك أيضاً عامل أساسي آخر، فبعد ذلك الحين أصبحت الاستثمارات كبيرة، كالتي يقدّم لنا جاك كور Jacques Cœur مثلاً عنها، ولم تعد مجرّد استثمارات فردية ومشتّتة. عندئذ بدأ الاستثمار أكثر منهجية وأخذ يتيح استعمال وسائل أقوى بكثير. وتعطينا مخطوطة سانت ـ ماري وبعدها أغريكولا أمثلة واضحة عن هذا التنظيم للإنتاج المنجمي والذي كان عاملاً رئيسياً في تطوير هذا الانتاج وتقنياته. لقد سبق أن أشرنا إلى رأسمالية معيّنة للمرور إلى نظام تقني جديد: الصناعة المنجمية تجسّد المثل الأصدق والأقوى عن هذه الرأسمالية.

ومع الصناعة المعدنية سوف نلمس بوضوح ظهور نظام تقني جديد. هنا أيضاً كانت الأبحاث ناقصة،-والتواريخ غير دقيقة، والنقاشات كثيرة، إلاّ أنّنا سنحاول أن نرسم صورة ولادة وتطوّر التقنيات الحديثة تاركين لتأكيداتنا طابع افتراضات تنتظر من يتحقّق من صحّتها في الكثير من الحالات.

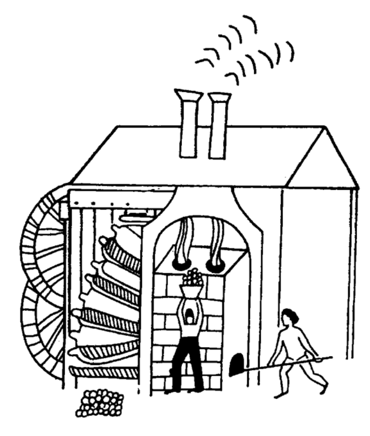
أغلب الظنّ أنّ الحديد، عند نهاية الفترة السابقة، كان يُنتج بواسطة الأفران الثقيلة التي كانت تمثّل آنذاك تطوّراً مهمّاً بالنسبة للأفران المنخفضة القديمة. إلاّ أنّه جرت أبحاث وتنقيبات في انكلترا كما في بوهيميا وهنغاريا وأظهرت أنّه لم يتمّ التخلّي عن الفرن المنخفض، في الكثير من المناطق، إلاّ في وقت متأخّر. أمّا الفرن الثقيل فهو عبارة عن أداة دائمة ذات بعد معيّن، ولم يكن بالإمكان تكبير حجمه إلاّ من حيث يمكن تزويده بكمّية هواء أكبر، وهنا تكمن مشكلة مزدوجة: مشكلة النفخ ولكن أيضاً مشكلة تحويل العملية التي ستنتج عندئذ الآهن عوضاً عن الحديد.

حول هذا الموضوع لا نجد شيئاً في الوثائق، والمصوّرات معدومة أو صعبة التفسير، قبل القرن السادس عشر. أمّا بالنسبة للأغراض نفسها التي أمكننا الحصول عليها فإنّ وضع التواريخ كان بشكل عام عشوائياً. للحصول على نفخ أقوى، لم يكن هناك من وسيلة أخرى غير استعمال الطاقة المائية، وأوّل نص أشار إلى النفخ المائي هو نصّ من منطقة بريي Briey يعود إلى العام 1323، كما نصادف بعض الأمثلة في كرّاسات المهندسين نحو منتصف القرن الخامس عشر (شكل 14). إلاّ أنّ إدخال النفخ المائي لا يعني بالضرورة إنتاج آهن (حديد صبّ) في نهاية العملية.



شكل 14. ـ منافخ مائية (تاكولا).

إنّ تطوّر عمليّات النفخ المائية، وزيادة أبعاد الأفران، التي يمكننا اعتبارها منطقية في عصر تزايد فيه الطلب على المعدن، أدّيا إلى إنتاج الآهن بالصدفة وأغلب الظنّ أنّه كان يُرمى. وللتوصّل إلى إنتاج الآهن بشكل مقصود كان يجب معرفة استعماله إمّا مباشرة وإمّا بتحويله إلى حديد بواسطة التصفية. إذا كانت عملية الصبّ قد اكتشفت بسرعة فإنّ عملية التصفية اصطدمت ببعض المصاعب التي لا يُستهان بها. في كلتا الحالتين ربّما استوحي من تقنيات قريبة: لقد أشرنا في بداية الكتاب إلى أهمّية هذه الانتقالات التكنولوجية. وقد كان



شكل 15. ــ مصهر عال.
رسم إنكليزي من القرن السادس عشر.

من جهة صبّ البرونز، الذي نعرف ازدهاره ذاك العصر، وتصفية النحاس من جهة أخرى عبارة عن دليلين قيّمين.

إنّ تحديد موقع انتشار الفرن العالي أو المصهر، وهو أداة إنتاج جديدة وعنصر أساسي في الطريقة المدعوّة بالطريقة غير المباشرة، في الربع الأخير من القرن الخامس عشر ليس بالأمر الصعب، لا سيّما من حيث إنّ هذا الأمر يلتقي مع تحوّلات تقنية أخرى حدثت حينذاك. ويبدو أنّ إنتاج الآهن المقصود هذا قد ظهر في منطقة لياج، ومنها انتقل المصهر العالي إلى فرنسا، مع الطريقة «الفلّونية» في التصفية، ومنذ نهاية القرن الخامس عشر كان يغطّي النورماندي Normandie، شمباني Champagne، ونيفرني Nivernais. عند نهاية القرن (1496)، أشير إليه في انكلترا في مقاطعة السوسكس Sussex (شكل 15)، ثمّ تابع رحلته خلال القرن السادس عشر، ولكن ببطء، حتّى وصل إلى معظم أنحاء فرنسا، ألمانيا الغربية (لم يعرفه أغريكولا)، ثمّ مناطق الشرق والجنوب الأوروبيين في النصف الثاني من القرن السادس عشر. ولم تعرفه بعض المناطق قبل العصر الحديث: جنوب فرنسا أو إسبانيا

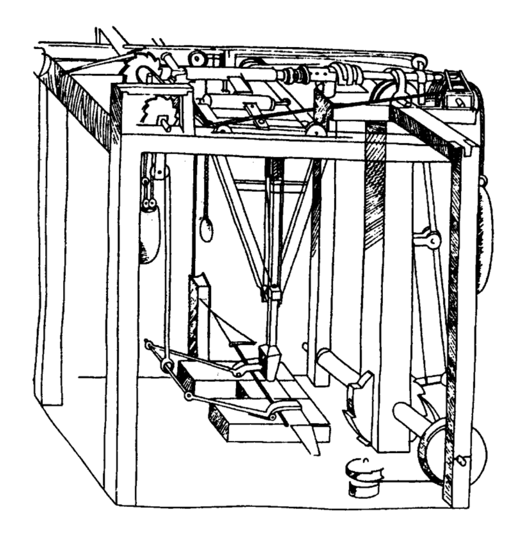
التي بقيت، لأسباب يصعب فهمها، تعتمد الطريقة المباشرة التي سمّيت بعدها بالطريقة الكاتالونية.

لقد أحدث ظهور المصهر العالي انقلاباً ملحوظاً في مجال إنتاج الحديد. أوّلاً أصبح هناك مادّة جديدة، هي الآهن، أحدثت تحوّلات عديدة أخرى، وقد كان ظهور كرة الآهن عبارة عن ثورة في ميدان المدفعية؛ ثمّ سرعان ما بدأ صنع مدافع من الآهن. بعد ذلك كثرت الأغراض المصنوعة من هذه المادّة، من صفيحة المدخنة حتّى القدر، وقد يكون من المستحسن إجراء إحصاء دقيق للأغراض هذه من أجل تقدير القيمة الحقيقية للتجديد الذي أحدثه المصهر العالي. لقد أمكن مع أداة أكبر زيادة الإنتاج بشكل ملحوظ، ثمّ إنّ تصفية الآهن كانت تعطي حديداً أكثر ليونة من الحديد الناتج عن الطريقة المباشرة، أي أنّه كان أسهل للشغل. يلزمنا هنا أيضاً وضع قائمة بالأغراض الحديدية في القرن السادس عشر كي نقيس مدى انتشار هذا المعدن. في هذا المجال، ما يزال البحث بحاجة إلى دفعة أقوى نحو العمق.

إنّ إنتاجاً أكبر ومواداً أسهل للشغل قد تسبّب، في مرحلة تحويل المعدن، ببعض الثغرات. إنّ أداة التطريق الأساسية كانت المطرقة المائية وهي إحدى مكتسبات العصر السابق، لكنّها لم تكن تبدو كافية لا من ناحية بنيتها ولا من ناحية نتيجتها. لهذا كان يُنتظر، في هذا المجال وفي الفترة التي تهمّنا هنا، حدوث تطوّر كبير في الآلية الحديدية، إلاّ أنّنا في الواقع لا نعرف جيّداً كيفية تطوّر المطرقة المائية؛ يبدو أنّ القرون الوسطى لم تعرف سوى المطرقة المدعوّة طرفية، وهي مطرقة أصغر وذات مردود أقلّ بالنسبة لبعض الأعمال. ومن المحتمل أن تكون قد ظهرت في عصر النهضة أداة أثقل هي المطرقة المدعوّة بالمطرقة الجانبية حيث كان ضربة الحدبة الموجودة بين محور الدوران ورأس المطرقة تحدث مجهوداً أقلّ على القبضة وتسمح بالتالي بزيادة وزن المطرقة. إذن أصبح بعد ذلك من الممكن تطريق قطع كبيرة الحجم (شكل 16).

إلى جانب هذا كان هناك سلسلة من الأدوات نجهل كلّ شيء عن ولادتها، وتواريخها، وأمكنة ظهورها وكيفيته... إنّها أدوات كانت تتحرّك بواسطة الطاقة المائية التي تبدو لنا هنا أيضاً الركن الأساسي للآلية المتطوّرة. سنحاول أن نستعرض هذه الأدوات ذاكرين كلّ ما نعرفه عنها.

المصفّحة، المصنوعة من اسطوانتين تدوران باتجاهين متعاكسين، هي إحدى الأدوات الأساسية في الصناعة الحديدية الحديثة. كان يتمّ بين هاتين الاسطوانتين، اللتين تقتربان تدريجياً من بعضهما، تمرير قضيب الحديد الساخن مراراً من أجل تسطيحه وشدّه،



شكل 16. ــ مطرقة للقطع الكبيرة
(ليوناردو دافينشي)

كما كان يمكن لإمعان في العملية والحصول على المطيلة وكانت مادّة كثيرة الاستهلاك أيضاً. من جهة أخرى كان يعترض الأداة صعوبتان مهمّتان: صناعة الاسطوانتين وطريقة الشدّ. إن وجود الآهن الذي كان يقبل القولبة كان يسهّل عملية صنع الاسطوانتين رغم أنّ الآهن كان قاسياً بشكل خاص. كذلك سمح الآهن بإنجاز التشبيكات التي نقلت إلى الآداة حركة العجلة الهيدرولية: فقد كان الخشب مادّة مستحيلة الاستعمال في هذا المجال. أمّا الشدّ فكان يتمّ بواسطة الحزقات. ومن الصعب معرفة مكان ووقت ظهور المصفّحة، فالبعض يرى أنّ أوّل مثل عنها أعطانا إيّاه المهندس الكبير سالومون دوكاوس Salomon de Caus، عام 1615، إلاّ أنّها تبدو قد اختُرعت قبل ذلك وهناك نصوص من لياج، من الربع الأخير من القرن السادس عشر، تؤكّد استعمال المصفّحة في تلك المنطقة وذلك التاريخ. إذن يبقى تاريخ المصفّحة بانتظار من يصنعه، منذ ولادتها حتّى عصرنا هذا.

آلة الشقّ لم تكن سوى شكل من أشكال المصفّحة، مع حدّين يتداخلان من اسطوانة إلى أخرى، كي يتمّ تقطيع الحديد إلى قضبان؛ هنا أيضاً لم تكن صناعة الاسطوانتين سهلة، لا سيّما أنّه كان يتعيّن القيام بمجهود أكبر. وتذكر نصوص لياج التي تكلّمنا عنها أنّ الصناعة في تلك المنطقة كانت تستعمل آلات الشقّ منذ نهاية القرن السادس عشر، لكنّ م. سميث M. C. S. Smith يرى أنّ الشقّ جاء بعد ذلك ولم يظهر إلاّ في القرن السابع عشر، لا بل في نهايته.

أمّا القلْد (ترقيق المعدن إلى خيوط) المائي فكان عبارة عن تطبيق للطاقة المائية على تقنية معروفة منذ القدم، فتمرير الخيط في ثقوب أصغر فأصغر كان عملية عرفها العصر القديم، إلاّ أنّ ما كان سهلاً بالنسبة لمعادن طيّعة كالذهب أو الفضّة لم يبق بنفس السهولة مع معدن مثل الحديد. أحد الحلول تمثّل في جرّ البكرة بواسطة دولاب مطحنة. وهناك صورة من بيرينغوكشيو Biringuccio، من منتصف القرن السادس عشر، تظهر أنّ الأداة كانت تُستعمل ذلك العصر.

إذن كان كلّ هذا التطوّر في التقنيات الحديدية يعطي إنتاجاً أغزر ومجموعة أكبر من المنتوجات. وكان يمكن توسيع استعمال المعدن بنسب ملحوظة، آخذين بعين الاعتبار نوعية الحديد الجديدة. حتّى أنّه يمكن القول بأنّ عصر المعدن بدأ في تلك الفترة.

إذا كنّا ندرك بصورة جيّدة المسائل التي طرحتها الصناعة الحديدية، فإنّنا لا نعرف تماماً، رغم دراسات أغريكولا وبيرينغوكشيو التي كرّست لها فقرات طويلة، الكثير عن المعادن غير الحديدية التي استفادت إلى حدّ ما من التقنيات والآلات الحديثة التي استعملت الحديد.. لقد دفع اكتشاف أمريكا إلى بعض الأبحاث حول المعادن الثمينة، إلاّ أنّه يُقال، حسب قصّة يصعب التحقق منها، أنّه في العام 1451 توصّل شخص يُدعى جوهانسن فانكن Johansen Funcken إلى طريقة لفصل الفضّة عن الرصاص وعن النحاس. أمّا الملغم لإنتاج الذهب فيعود إلى منتصف القرن السادس عشر. كانت تُستعمل كثيراً المعادن الطبيعية لأنّه كان يصعب فصلها وكان يبقى مثلاً الكثير من الفضّة في الرصاص الفضّي المستخرج من بعض المناجم.

كذلك يبدو أنّه جرى تعديل في تقنيات إنتاج النحاس بين العامين 1450 و 1550، وذلك لأنّ النحاس، الذي كان مقتصراً على صناعة الأجراس والأواني، عرف طلباً قوياً منذ بدأ صبّ المدافع البرونزية. لقد سمّى الألمان Saigerhütte المصانع حيث اعتُمدت الطرق

الجديدة، دون أن نعرف الفرق بين التقنيات القديمة أو الحديثة على وجه الدقّة. هكذا يُفسّر حجم الاستثمارات الكبيرة التي قام بها جاك كور وافتتاح مناجم جديدة في بوهيميا وفي ساكس، حيث استُعملت الطاقة المائية للمنافخ وللمطارق.

لقد كان برونز المدافع مختلفاً عن برونز الأجراس، فقد كان هذا الأخير يحتوي من 23 إلى 26% من القصدير بينما لم نكن نجده في برونز المدافع إلاّ بنسبة من 8 إلى 12%. المهمّ في كلّ هذه التقنيات البرونزية، من الجرس التقليدي إلى المدافع وإلى التماثيل، هو القولبة والمادّة التي كان يُصنع منها القالب، وهناك أعمال عديدة تذكر لنا الطريقة التي كانت معتمدة. وقد ساهمَ الطلب على قطع البرونز المقولبة بتحسين الطرق التي نتكلّم عنها.

هناك تطوّر أخير في فنّ المدفعية يمكن نسبه إلى العصر الذي نتناوله، وهو ليس عبارة عن مزيج بل تركيب بين معدنين: إنّه تركيب أوجد تلك المادّة الجديدة التي لم تُستعمل كثيراً خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر لكنّها اشتهرت فيما بعد، إنّها مادّة الصفيح أو التنك. هنا لم نعد بصدد مشكلة ميكانيكية، مع أنّ صنع المطيلات كبيرة الحجم ومنتظمة السماكة نسبياً كان يواجه صعوبة ملموسة. الأهمّ كان تثبيت طبقة القصدير على المطيلة كي تغطيها بكاملها، وقد كانت المواد المستعملة بهذا القصد أسراراً لفترة طويلة. وصحيح أنّ التجريبية كانت هي السائدة في البداية حيث استُعملت كلّ أنواع المواد من أجل تثبيت القصدير.

حول مصادر هذه الصناعة فإنّ مادّتنا الوثائقية هي فارغة نوعاً ما، إلاّ أنّ هناك وثائق لاحقة، لا سيّما تلك التي تتكلّم عن جهود بعض البلدان في إدخال هذه الصناعة إلى أراضيها، توحي بأنّ الصفيح ولد في ألمانيا. وهناك أيضاً قصة تقول إنّه ولد في نورمبرغ Nuremberg، في النصف الثاني من القرن الخامس عشر.

كذلك جرى تغيّر في تقنيات النار الأخرى وبصورة ملحوظة. يجب أوّلاً معرفة ما إذا كانت نتيجة تغيّر في المحروق، إذ إنّ إنتاجاً متزايداً كان أدّى إلى إبادة الغابة، لا سيّما أنّه كان على الخشب تدفئة شعب يتزايد وأن يلبّي أيضاً امتداداً مدينياً وتوسّعاً في البحرية فرضته الاكتشافات الكبيرة. المحروق الآخر الذي كان قابلاً للاستعمال هو فحم الأرض، المعروف منذ أمد طويل ولكن الذي كان استخدامه مرفوضاً مخافة إدخال حثالته إلى المواد التي يطالها. ونذكر أنّ الفحم الخام استبعد من بعض العمليات بالضبط بسبب حثالته وخاصّة الكبريت: هكذا مثلاً في المصهر العالي رغم أنّه جرت

محاولات عديدة انطلاقاً من النصف الثاني من القرن السادس عشر. لكن شيئاً فشيئاً أخذ فحم الأرض يدخل في عدد كبير من الصناعات. ويذكر البعض أنّ الفحم الحجري استعمل في بداية القرن السادس عشر في قرية مارشيان Marchiennes البلجيكية؛ لا شكّ في أنّ هذا التاريخ ليس أكيداً ولكن يبدو أنّه انطلاقاً من منتصف القرن الخامس عشر بدأ الخوف من الفحم الحجري يخفّ تدريجياً: نشط استخراجه في لياج خلال القرن السادس عشر وفي نهايته، وازدهرت عند بداية القرن السابع عشر في انكلترا استثمارات مناجم الفحم الحجري. إن حركات كهذه لم تكن لتحدث لو أنّ الفحم الحجري لم يكن يُستعمل أكثر فأكثر.

لقد عرفت صناعة الزجاج تحوّلات نقدّم هنا بعض عناصرها دون أن نملك رؤية عامّة ودقيقة لها. بالطبع يمثّل عدد النوافذ الزجاجية المتضاعف دليلاً واضحاً، وهناك شواهد أثرية عديدة تسمح لنا بوضع بعض الافتراضات. إنّ التغيّر الأكبر، الذي حدث بين العامين 1450 و 1550، يكمن في تركيب المادّة أكثر منه في كيفية بناء الأفران، ونملك مثلاً عنها في مخطوطة من لندن تعود إلى نهاية القرن الخامس عشر. شيئاً فشيئاً أخذ الصوديوم يحلّ مكان البوتاسيوم، والمعروف أنّه يعطي زجاجاً قابلاً للانصهار، سهل الشغل، منتظماً، أبيض ويمكن جعله مسطّحاً وصافياً. نشير إلى أنّنا نلتقي هنا بأحد العناصر التي ذكرناها عند تناولنا الصناعة المعدنية: الحصول على مادّة أسهل للشغل وذات نوعية أفضل، ما يمثّل بحدّ ذاته تطوّراً تقنياً بغضّ النظر عن حجم الإنتاج وتكاليف الصناعة التي لا نملك عنها الكثير من المعلومات. بعد ذلك إن لم يكن الزجاج قد وصل إلى درجة الإتقان فإنّه قد حلّ بصورة أفضل مشكلة طالما بحثت عن حلّ: سدّ مساحات كبيرة والاحتفاظ بشفافية متزايدة.

في النصف الثاني من القرن الخامس عشر ظهر منتوج جديد سرعان ما ذاع صيته في أنحاء أوروبا الغربية وما يزال يحتفظ ببريقه اليوم، إنّه زجاج البندقية أو الزجاج البلّوري. هناك قصّة تقليدية لا يمكن تأكيدها تعطينا أوّل إشارة عنه: تقول إنّ اختراعه أو تنفيذه يعود إلى بيروفيريو Beroverio وهو صانع زجاج مشهور من مورانو Murano، عام 1463. وهناك صانعو زجاج آخرون، لا سيّما نورمانديون أتوا من لانغدوك Languedoc، نسبوا الاختراع إلى أنفسهم. زجاج البندقية هذا هو زجاج صوّاني ـ قلوي (سيليكات البوتاسيوم ورصاص) أدّى إلى البلّور الحقيقي (الكريستال). على أيّ حال كان يأتي إلى البندقية مواد عالية الجودة، خاصّة الصوديوم الحاصل بواسطة حرق بعض النباتات.

كذلك كان هناك فوارق بالنسبة لصناعة الزجاج الملوّن، ونستدلّ إليها من خلال

مقارنة زجاج القرون الوسطى مع زجاج القرنين الخامس عشر والسادس عشر: المسألة ليست فقط مسألة أسلوب بل أيضاً مسألة شروط تقنية. لقد سمح تلبيس الزجاج بزيادة مجموعة الألوان، كما أنّه أمكن نزع بعض الألوان عبر وسائل ميكانيكية، وكذلك إضافة طبقات عديدة منها.

إنّ انتشار الزجاج المسطّح يدلّ حتماً على حدوث تطوّر تقني بالإضافة إلى العديد من الإنجازات الأخرى، ونشير هنا أيضاً إلى وجوب إجراء أبحاث في هذا الاتّجاه. ويُظهر لنا تطوّر المرآة، لا سيّما مرآة البندقية، أنّ تقنيات الزجاج المسطّح قد تقدّمت بشكل ملحوظ. كان يتمّ نفخ الزجاج البلّوري اسطوانياً وقد جرت العادة على نسب هذا الاختراع إلى الأخوين ديل غالّو Del Gallo اللذين أشارا إليه في وثيقة من العام 1503.

ضمن تقنيات النار تعتبر الصناعة الخزفية، كما لاحظنا، الصناعة الأكثر تقليدية، حتّى أنّه يصعب أحياناً تحديد تاريخ بعض الخزفيات المصنوعة في الفترة الممتدّة من العصر الغالي ـ الروماني إلى فجر القرن التاسع عشر. وحده تحضير المعجونة وتقنيات صنع البرنيق شهد بعض التطوّر. وقد جرت التحوّلات في هذا المجال في إيطاليا أيضاً، فهناك انتقلنا من الخزف العادي، الخام، الملمع أو المبرنق إلى الخزف المزخرف الذي ازدهر كثيراً فيما بعد. إنّ ما تغيّر في الواقع هو الطلاء الذي يغطّي الطين، وإذا كانت المعجونة قد بقيت على ما كانت عليه، أي خليطاً من الصلصال، الرمل والجمعر الكلسي فإنّ الطلاء أصبح يحضّر من ميناء قصديري؛ كانت الزخرفة توضع عليه في حالته الخام ثمّ يتّحد معه الأوكسيد الملوّن أثناء الطهو. ربّما يكون العرب قد عرفوا تقنية الخزف المزخرف هذه لكن المعروف أنّ انطلاقتها الحقيقية كانت في المناطق الغربية في مدينة فايينزا Faënza الإيطالية، وقد أدخل برنارد باليسي Bernard Palissy هذه التقنيات إلى فرنسا مستعملاً ميناء يحتوي على الرصاص.

نصطدم دوماً بنفس مشاكل الحياة المادّية التي لا نعرفها كما يجب، إذ يُعتبر حدثاً كون الخزف المزخرف من حيث صلابته، لا منفذيته ومدّة حياته، متفوّقاً بدرجات كثيرة على الخزفيات القديمة سريعة الانكسار، النفيذة وصعبة التنظيف.

لا شكّ في أنّ تقنيات العمل الميكانيكي قد تطوّرت بصورة ملحوظة وهذا بفضل تحسين الأدوات وتقدّم مختلف الأواليات التي تناولناها، ويرتبط الأمران ببعضهما ارتباطاً وثيقاً.

لقد ذكرنا مراراً أنّ تاريخ الأدوات يبقى بانتظار من يضعه، ونلتقي هنا بما يزيد اقتناعنا هذا. في الواقع يمكننا تكوين فكرة واضحة عن الأدوات الموجودة في فترات معيّنة من خلال مجموعات الصور أو الرسوم التي نحصل عليها وقد سبق أن أشرنا إلى الفائدة التي نجنيها من أبحاث كهذه وأيضاً إلى الحدود التي تقف عندها. للأداة أكثر من مظهر أساسي: المادّة المكوّنة أو الموادّ، الشكل، الأنواع. بالنسبة للمادّة إنّ ما ذكرناه عن الحديد ينطبق هنا أيضاً، لقد نتج عن المصهر العالي وعملية التصفية والتنقية معدن يسهل شغله، وتسهل أيضاً فولذته إن لم تكن التنقية كافية للحصول على حديد أكثر صفاء من الحديد الذي تنتجه الطرق المباشرة. ويُقال إنّ الفولذة أُتقنت خلال القرن السادس عشر وقد لُمس هذا من خلال أدوات تعود إلى ذاك القرن.

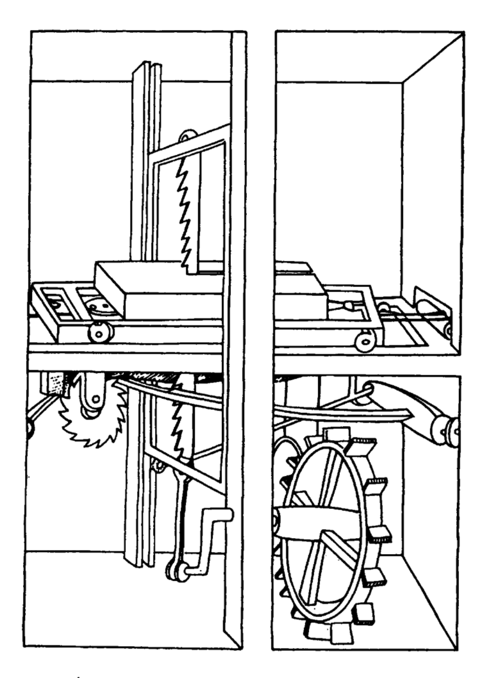
التحوّل الكبير في أشكال الأدوات يعود إلى القرن الثالث عشر إلاّ أنّه كان بطيئاً في بدايته ولم يتسارع إلاّ انطلاقاً من القرن الخامس عشر.

لقد شهد هذا القرن والقرنان اللذان تبعاه التحديد النهائي لأشكال وأبعاد الأدوات. لم تأخذ الأداة شكلها النهائي وحسب، بل أخذت تتنوّع تدريجياً كلّما أصبحت الاحتياجات أكثر عدداً: مع تقدّم التقنيات، أخذ عدد عمليات التنفيذ يزداد ويتطلّب بالتوازي هذا التنوّع في الأدوات. وقد أشير إلى ظهور أدوات جديدة أو متحوّلة إلاّ أنّنا نقتصر على ذكر بعض الأمثلة، لافتقارنا إلى اللوائح الدقيقة. يقال إنّه خلال القرن الخامس عشر ظهرت مناشير الشقّ والخرط، ومناشير المعدن. في ما يخصّ المناجر اتخذت المخدّدات وفارات الإفريز، المستعملة للتجويفات والنتوءات، شكلها النهائي في القرنين الخامس عشر والسادس عشر. وأتقنت الحدود القاطعة ما بين القرنين الرابع عشر والسادس عشر، في مجال أدوات الثقب، أصبحت النصلة متحرّكة عند نهاية القرن الرابع عشر وظهر المثقاب الدقيق. كما شهد القرن الخامس عشر تطويراً في الملاقط. ونشير إلى ابتكار أدوات دقيقة جدّاً: مقياس السماكة منذ القرن السادس عشر. وقد انعكست تحوّلات الأدوات على شغل الخشب بمجمله.

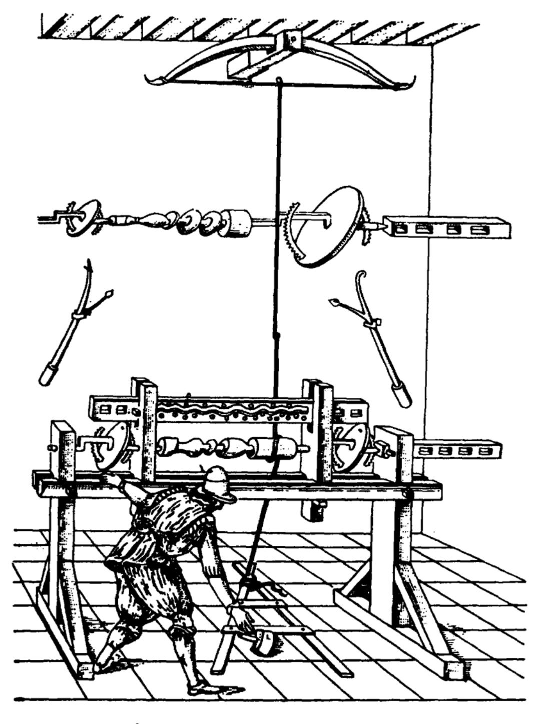
فيما يتعدّى هذا، وربّما من حيث إتقان الأداة وأيضاً من حيث إنّ الأواليات الجديدة أعطت الآلة مرونة أكبر، أصبح الارتباط بين الاثنتين على مستوى أوسع، وأعمق. وهنا نذكر السهولة التي قدّمها نظام الساعد ـ الرائد إلى المناشير المائية: إذن أصبحت الآلة أقوى وأسرع (شكل 17). منذ القرن الخامس عشر أخذت تتكاثر الآلات التي تحرّكها الذراع، المدوّرات أو القوّة المائية. هكذا مثلاً بالنسبة لآلات خرط المدافع ولدينا عنها رسمان مهمّان يعودان إلى القرن الخامس عشر. كان

الخرط يجري بشكل عمودي كما نرى في لوحة لبروغل Breughel تحت عنوان «النار»، إلا أننا نرى الخرط أفقياً في مؤلف بيرينغوكشيو الذي سبق أن ذكرناه. كذلك تطوّرت الأداة: بعد أن كانت عبارة عن شفرات فولاذية مرفوعة على خشب، أصبح يحملها تاج من البرونز، ثمّ أصبح رأس الأداة كلّه من الفولاذ. وتذكر مخطوطة حِرَف نورمبرغ Nuremberg، التي تعود إلى نهاية القرن الرابع عشر، إنّ نحت المبارد كان يتمّ يدوياً حتّى ذاك الحين، بالحزّ والتخطيط، ثمّ تمكّن ليوناردو دافينشي من تصوّر آلات لنحت المبارد وكلّنا نعرف الإتقانات التي حصلت لتلك الأداة، مثل المباشر، في القرن الخامس عشر. أمّا مخطوطة الحرب الهوسّية، نحو العام 1430، فتقدّم لنا رسم آلة تحرّكها على ما يبدو عجلة مطحنة من أجل حفر الأنابيب الخشبية أفقياً، ونجد عند ليوناردو دافينشي آلة مشابهة عامودية. وفي نفس هذه المخطوطة من العام 1430 نرى إحدى أوائل آلات صقل الأحجار الكريمة، ويبدو أنّها تطوّرت بسرعة لأنّنا نرى عنها، في مخطوطة من نهاية القرن الخامس عشر، صورة شبه نهائية، مع القرص والأحجار مرصوصة في ملازم يمكن ضبطها. وهناك قصّة غير أكيدة تنسب إلى الألماني لويس بيركن Louis Berken، 1476، فكرة صقل الماس بغباره الخاص. أخيراً نذكر مصاقل الزجاج أو المرايا التي رسمها ليوناردو دافينشي.

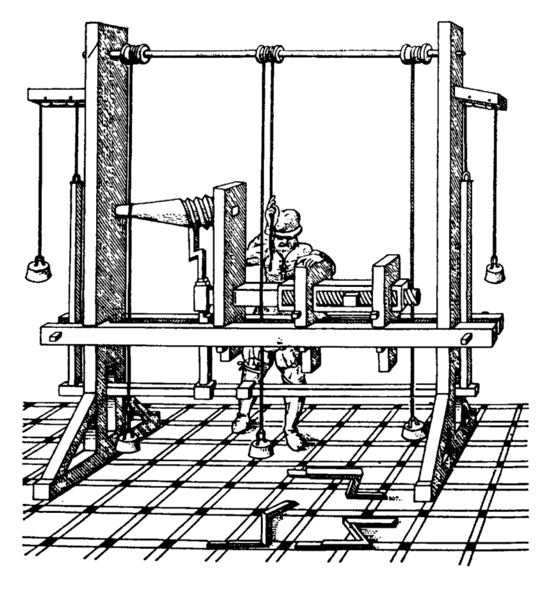
كذلك كان نظام الساعد ـ الرائد يسمح بزيادة عدد المخارط وتنوّعها، وقد كانت معروفة حتماً قبله ولكن فقط بحركة تناوبية. منذ العام 1470، ظهرت دواليب الغزل ذات الدوّاسات التي تحرّر إحدى يدي العاملة، كما أنّ الرحى ذات الدوّاسات كانت تطلب يداً عاملة محدودة. أمّا أولى المخارط غير المنتظمة، بعد رسوم ليوناردو دافينشي، فنجدها عند بيسّون Besson، في النصف الثاني من القرن السادس عشر. وهنا كانت تكمن مشكلة حُلّت بطريقتين: كان يجب في الواقع وإمّا جعل الغرض في أداة متحرّكة، إمّا تحريك الغرض أمام أداة ثابتة. في معظم آلات شغل المعادن كانت الأداة هي المتحرّكة، أمّا بالنسبة لشغل الخشب فكان يتمّ تحريك القطعة (شكل 18 و 19). ويقدّم لنا ليوناردو دافينشي رسمه المشهور لآلة تحفر اللوالب، الخشبية على الأرجح؛ حامل الأداة هو المتحرّك بواسطة لولبين غير منتهيين ينزلق عليهما. كانت القطعة التي يراد نحتها توضع في الوسط وتدور بواسطة رائد يتشابك أيضاً مع لولبي حامل الأداة، بالتالي كانت الأداة نفسها ثابتة على حاملها في حين تتحرّك قطعتان: حامل الأداة والقطعة التي يجب شغلها.



شكل 17. ـ منشار مائي (فرنشسكو دي جيورجيو).



شكل 18. ـــ مخرطة عن ج. بيسون (1578).



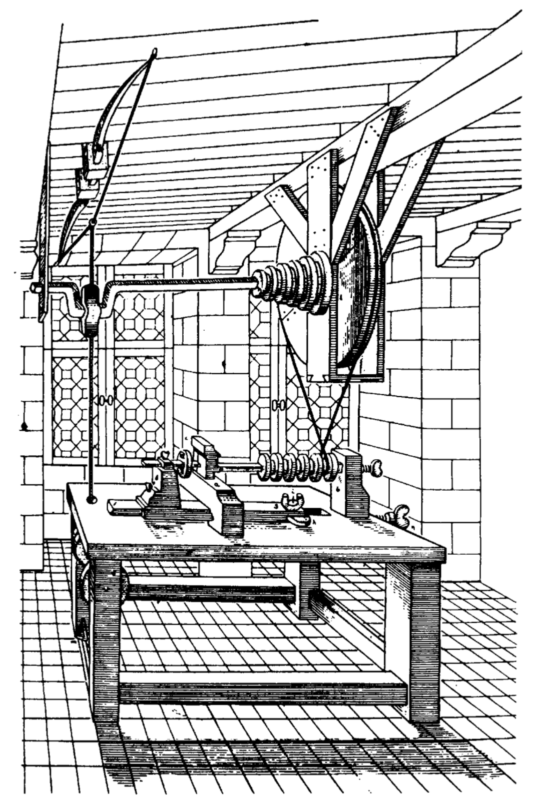
شكل 19. ــ مخرطة عن ج. بيسون (1578).

بالرغم من كلّ الجهد في صنعها لم تكن بعد تلك الآلات تعمل بصورة كاملة، فكونها مصنوعة من الخشب، بتجميعات تقريبية وحركات بلا انتظام، كانت بالفعل صعبة المعالجة. والرسوم كانت بعيدة نوعاً ما عن الحقيقة؛ لقد احتفظ متحف انفير Anvers والمتحف الألماني في ميونيخ بمخارط من القرن السادس عشر: يمكننا قياس المسافة التي تفصل بين هذه الأجهزة والرسومات التي نجدها في المقالات والدراسات. وحدها آلات من المعدن، أو على الأقلّ جزئياً من المعدن، كانت مناسبة تماماً، وأمثلتنا عنها الميزان النقدي الذي ابتكره تشيلّيني نحو العام 1530، وآلات الطباعة.

هنا أيضاً تلزمنا لوائح وجردات بهذه الآلات، جردات للصور وجردات وصفية، من أجل قياس مدى الأهمّية التي أخذتها انطلاقاً من النصف الثاني للقرن الخامس عشر، فقد تفيدنا هذه الجردات بشأن تطوّرها الاستثنائي الذي حصل في القرنين الخامس عشر والسادس عشر (شكل 20)، وهنا نلتقي بأحد المجالات التي برز فيها التحوّل التقني في عصر النهضة امتداداً وعمقاً.

بالنسبة للمعالجات الكيميائية كان التطوّر يأتي بشكل عام نتيجة تجارب متكررة: وحده ابتكار الكيمياء الحديثة، خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر، كان كفيلاً بتحويل التقنيات المنوطة بها جذرياً. أمّا استعمال المخرطة مع مراجل الصباغة، عند نهاية القرن السادس عشر، فهو إنجاز ميكانيكي وليس كيميائياً. في الواقع، المجال الوحيد الذي شهد تغيّراً ملحوظاً هو مجال المتفجّرات، ويعود تقدّم المدفعية إلى إتقان المتفجّرات كما إلى تحسّن في الأسلحة نفسها. كان البارود مؤلفاً من ملح البارود، من الكبريت ومن مسحوق فحم الخشب وهناك مجموعة كبيرة من المخطوطات، ألمانية بمعظمها، تعطينا تركيبات المزيج المختلفة، انطلاقاً من القرن الخامس عشر:

	ملح البارود	كبريت	فحم
1300	1	1	1
1420	3	2	2
1480	8	3	3



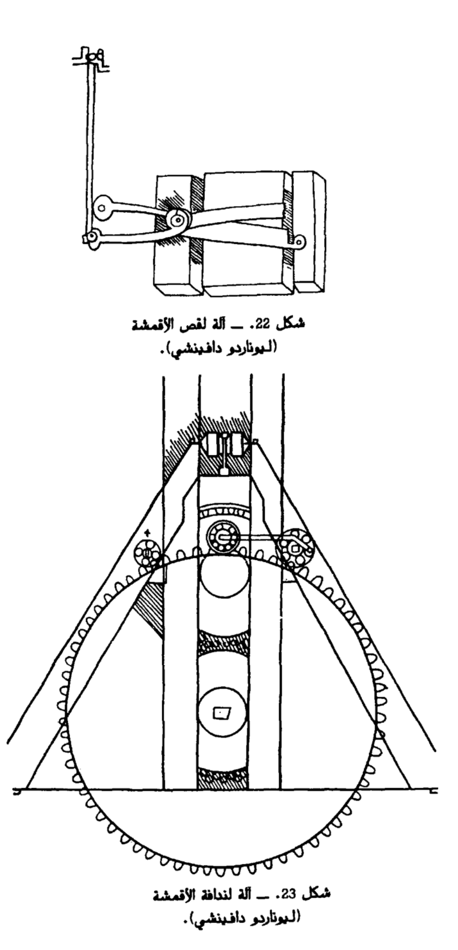
شكل 20. ــ مخرطة متغيرة السرعة
(شيروبان Chérubin، 1671).

في فرنسا كان البارود البدائي يحتوي على 75% من ملح البارود والحصّة الباقية يتقاسمها الكبريت والفحم: كان ينفجر ولكن لا يدوي. بالنسبة للسحق استعملت منذ بداية القرن الخامس عشر المطارق المائية الشبيهة من حيث مبدئها بمطارق الصناعة الورقية. أما في مجال التقطير فالتطوّر لم يكن كبيراً.

التقنيات الآلية توسّعت أكثر بفضل جهاز أدوات أُتقن وتطوّر. منذ نهاية القرن الرابع عشر، وبسبب الأزمة التي حدثت في منتصفه دون شك، أخذ التوجّه منحى التقنيات الأقلّ كلفة والتي تستعمل مواداً وآلات كانت القوانين السابقة تمنعها بشكل عام: استعمال أصوافٍ من نوعية أدنى، لا سيّما جلد الحمل، الندافة، استعمال الدولاب في الغزل، الخ. بالنسبة لما يهمّنا هنا، يمثل انتشار الندافة وظهور الدولاب ذي الدوّاسات والجنيّحة التطوّرين الأكبرين. في مجال الحرير، نذكر انتشار المغازل الهيدرولية (شكل 21) والنول الذي سمّي باسم جان كالابري Jean le Calabrais، وذلك خلال القرن الخامس عشر. وقد اهتمّ ليوناردو دافينشي كثيراً بآلات صنع الحبال، بآلات القصّ وبذلك المشروع المدهش لنول أوتوماتيكي (شكل من 22 إلى 24).

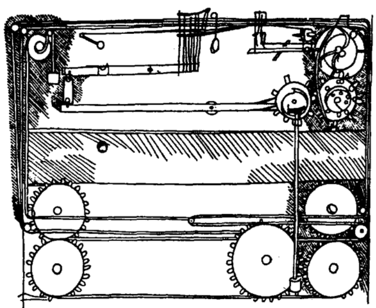


(شكل 21. ــ آلة لردن (حلّ) الشرانق
(فلورنسا، 1487).



شكل 22. ــ آلة لقص الأقمشة
(ليوناردو دافينشي).

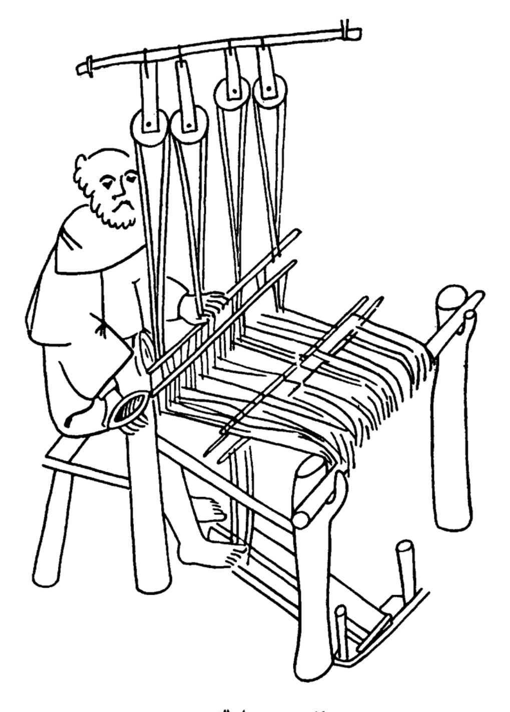
شكل 23. ــ آلة لندافة الأقمشة
(ليوناردو دافينشي).



شكل 24. ــ آلة نسيج اوتوماتيكية
(ليوناردو دافينشي).

إلاّ أنّه يبدو أنّ تحسين نول النسيج كان بطيئاً، من حيث إنّ بعض قطعه أصبحت تدريجياً من المعدن (شكل 25). ولا شكّ في أنّ الاختراع الأكبر كان نول حبك الجوارب الذي وضعه الإنكليزي لي Lee عند نهاية القرن السادس عشر. وكان الحبك بحدّ ذاته يطرح مسائل ربّما ستبقى طويلاً دون جواب. إنّ هذا النسيج بخيط واحد يبدو أنّه ظهر خلال القرن الخامس عشر، وهذا يعني أنّنا انتقلنا بسرعة من النسج اليدوي إلى آلية متقدّمة آنذاك أدهشت ديدرو Diderot عند منتصف القرن الثامن عشر. وكلّنا نعرف تعثّرات المخترع الذي يرفضه الجميع وينبذه بسبب اختراعه الذي يقلب موازين الانتاج ويخيف الطبقة العاملة. مع إضرابات عمّال المطابع في منتصف القرن السادس عشر، نلتقي بأولى ردود فعل العمّال تجاه الآلة، وفي هذا دليل أكبر على أهمّيتها ذلك العصر.

بالنسبة للتجميعات الخشبية نلحظ نوعاً من الاستقرار؛ بدأ في القرن الخامس عشر وصل الألواح الخشبية بواسطة الألسنة والفرض التي أصبحت ممكنة بفضل تطويرات المنجر. إذا كانت تقنيات تركيب الصقالة قد بقيت نفسها نوعاً ما، فإنّ السهولة الكبيرة المكتسبة في شغل الخشب ساهمت بوضوح في تطوير الأثاث، وتلزمنا هنا أيضاً دراسة جيّدة حول أنواع الأثاث التي تعبّر كثرتها عن تغيّر جرى داخل المنازل وعن طرق حياة مختلفة: لقد انتقلت قطع الأثاث من بنية إلى بنية وهذا يعني تحوّلاً موازياً في طريقة الحياة والتصرّف. عند منتصف القرن السادس عشر حلّت الخزانة محلّ الصندوق، ارتفعت الطاولة على قوائمها واختصر شكل الكرسي كي يصبح بذراعين. أمّا السرير الكبير ذو الأعمدة فقد أصبح نوعاً ما رمزاً لعصر النهضة.



شكل 25. ــ نول النسيج
(نورمبرغ Nuremberg، نهاية القرن الخامس عشر).

بالنسبة للصقالة أو الهيكل كان الأمر عبارة عن تكيّف مع شروط جديدة أكثر منه تحوّلاً جذرياً، ذلك أنّ الطلب على الخشب ازداد بصورة كبيرة، لا سيّما من أجل صناعة السفن، ممّا جعل البناء يقتصر على أخشاب محدودة الأبعاد. تقوم الطريقة الجديدة على تجزئة الألواح فتصبح مطابقة لعلوّ طابق: عندئذ تتراكب القطع الأفقية مع القطع العامودية، ثمّ نجمع العارضات على الألواح ونضع فوق الجميع الدعمة التي تفصل بين الطوابق، عندئذٍ تغطي العارضة اللوح بدلاً من أن تخترقه كما في السابق، بواسطة نصف تلسين يضمن ثبات المبنى كما نثبّت العارضة بالنسبة للدعمة والعكس بالعكس عبر تجميع على شكل ذنب السنونو. ثمّ نجمع اللوح الأعلى على الدعمة وهكذا دواليك بعد تثبيت الزاوية بواسطة قطعة توضع على شكل مثلّث. هذه التقنيات ظهرت عند نهاية القرن الخامس عشر وبداية السادس عشر كما شاهدنا في مدينة روان Rouen، ومعها أصبح وضع الخرجة أسهل وكثر في الإنشاءات المدينية كما نلاحظ اليوم في أمثلة عديدة.

عن آخر التقنيات الآلية الكبيرة، وهي الطباعة، لن نذكر الكثير لطالما هي معروفة. فكلّنا نعرف أهمّيتها بالنسبة لنشر المعلومات والمعارف منذ بدايات الابتكار الجديد. لقد أصبح عمل النُسّاخ أسهل بفضل تقطيع المخطوطات إلى كرّاسات كما تكاثر عدد المحارف التي تمارس هذا النشاط. وكانت حسنة الطباعة في كونها خفّضت أسعار الكتب وأدّت إلى ثقافة أوسع، لا سيّما في مجال القراءة. ويلفت نظرنا ليوناردو دافينشي إلى الصعوبة في إيجاد بعض الأعمال. والحقّ يُقال إنّ الكتاب بقي طويلاً عبارة عن مادّة كمالية، مقتصرة نوعاً ما على النخبة: إنّ أدنى طبقات هذه النخبة ولكن التي تقع عند مستوى معيّن هي التي استفادت بشكل أساسي من الكتاب، لا سيّما البعض من أولئك التقنيين المتفوّقين مثل ليوناردو دافينشي.

نشير أيضاً إلى أنّ تقدّم الطباعة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بصناعة الورق، ولهذا نجده مرافقاً لتكاثر مصانع الورق، وقد بدأ هذا الانتشار قليلاً قبل ظهور الطباعة النهائي. عندئذٍ كان يتعيّن إيجاد حلّ لمشاكل طلب الطاقة والتزوّد بالمواد الأوّلية.

حتّى قبل غوتنبرغ Gutenberg، استخدمت الأختام النافرة لطبع الحروف الأولى الكبيرة المزخرفة. كذلك كانت تُستعمل أخشاب منقوشة للطباعة على الأقمشة، وهي تقنية أتت من الشرق على وجه الاحتمال، وربّما عن هذه الاخشاب المنقوشة انبثقت الطبعات المنقوشة الأولى حسب عملية انتقال تكنولوجي سبق أن تناولناه. ومنذ النصف الأوّل من القرن الخامس عشر ظهرت محارف نقش الحروف الخشبية في المنطقة الراينية (في الراين) والمقاطعات البرغونية (في برغونيا Bourgogne)، وقد عرفت تلك الصور نجاحاً كبيراً

وروي عنها قصص عديدة. إلاّ أنّ ولادة الطباعة كانت تتطلّب وجود الحرف المستقلّ، تجميع الأحرف وصنع هذه الأحرف من المعدن.

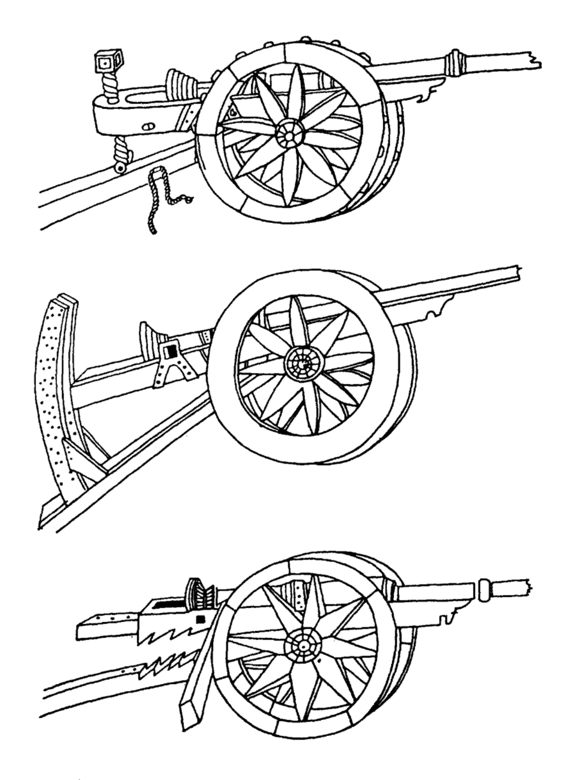
إذن تحتاج الطباعة إلى الرموز المتحرّكة، من المعدن، إلى الحبر الكثيف وإلى الآلة الطابعة. كان الصاغة يعتمدون تقنية نقش السكّة (النقود)، حيث كانت تُنقش نقشاً بارزاً، ثمّ تضرب قالباً مصنوعاً من معدن أقلّ صلابة (القصدير أو الرصاص)، هو عبارة عن قالب شكل الرمز النهائي. ويحتمل أن يكون قد اعتُمد في البدء قوالب رملية أتاحتها تقنيات السباكة وصنع النقود والميداليات.

قد تكون قد جرت أبحاث بهذا الاتّجاه من ناحية في أفينيون Avignon بواسطة صائغ من براغ Prague ومن ناحية أخرى في مايانس Mayence بواسطة عائلة غوتنبرغ Gutenberg وكانوا صاغة وصانعي نقود. عام 1457 صدر كتاب «Le P sautier de Mayence»، وهو أوّل عمل مطبوع وعالي الجودة، ثمّ سرعان ما انطلقت التقنيات الجديدة ويحصي هـ. مارتان H. J. Martin، عند نهاية القرن الخامس عشر، ظهور خمسة وثلاثين ألف طبعة تمثّل على الأقلّ من خمسة عشر إلى عشرين مليون نسخة؛ 77% منها كانت لاتينية و45% دينية وقد اشترك بهذا الإنتاج مئتان وست وثلاثون مدينة.

لقد تطوّرت صناعة الرموز بسرعة وأتاحت المجال لظهور المحارف المتخصّصة. كانت السكّات كانت من الشبهان أو من البرونز، والقوالب من الرصاص، ويقال إن شوفر Schöffer كان أوّل من استعمل السكّات الفولاذية والقوالب النحاسية. بالنسبة للرموز يحتمل أن يكون شكلها النهائي قد أخذ وقتاً أطول، سنة 1570 كان ألدومانوتشي Aldo Manuce ما يزال يغيّر رموزه مع كلّ مجلّد. كانت المادّة المستعملة مزيجاً قوامه القصدير متجنّباً نسبة عالية من الرصاص تؤذي القوالب، وحاوياً القليل من الأنتيمون. ولم تكن تلك الرموز قادرة على ضبط وضع صحصيح.

إنّ اطّلاعنا على آلات الطباعة الأولى هو غير كاف، ربّما كانت عبارة عن مكبس بسيط من الخشب مقتبس عن صناعات النبيذ. وكان الألماني هوس Husz ما يزال يستعمل في ليون Lyon، نحو العام 1500، مكبساً ذا لولب خشبي كبير. وقد توصّلنا إلى أشكال متطوّرة لآلات الطباعة عبر التجارب المتكررة.

يبدو أنه نحو منتصف القرن السادس عشر تمّ تحقيق العديد من التطوّرات، فبالنسبة للرموز تمّ توحيد الأنواع بعد اعتماد الرمز الروماني، كما تمتّ معايرة التركيب، الصفحة والأبعاد عندما حلّت المحارف الكبيرة مكان العديد من المطابع الحِرفية. وقد ترافق وضع الحروف في الصندوق وموقع الصندوق بالنّسبة لمنضّد الحروف مع تعديل في الآلات



شكل 26. ــ أولى أنواع المدافع المتطورة.

الطابعة. إذا كانت الصفيحة، الموضوعة أسفل اللولب، ما تزال محدودة الأبعاد فإنّ الطاولة قد أصبحت متحرّكة ومنزلقة على سكّة خشبية ممّا زاد من قدرتها على حمل أشكال أكبر، كما أصبح التحبير أسهل بكثير.

التقنيات العسكرية تأخذنا إلى مجموعة تقنية أوسع بكثير تتناول أيضاً عدداً كبيراً من تقنيات أخرى عالجنا البعض منها. بالطبع هناك أمر يطغى على كلّ تاريخ هذه التقنيات العسكرية هو تطوّر سلاح المدفعية، وإذا كان نسبياً بطيئاً بين منتصف القرن الرابع عشر ومنتصف الخامس عشر، فقد كان مهمّاً وسريعاً بعد سنة 1450.

لقد كانت المدفعية أوّل مجال استعمل الأسلحة النارية، وكانت المدافع الأولى مصنوعة من قضبان حديدية تُجمع وتُطوّق على شكل اسطواني، أمّا حجرة البارود فكانت تُثبّت بالمدفع، ويُنقل المجموع على عربات. كان هذا يفترض تزوّداً بالذخيرة، كرات الحجر، خاصاً بِكل قطعة. ثم جاء، خلال النصف الثاني من القرن الخامس عشر، تحسين تقنيّات الصبّ وظهر الآهن والقطعة الواحدة والكرات المعدنية ممّا جعل المدفعية تأخذ قيمتها الحقيقية. في النصف الأول من القرن السادس عشر ظهرت مدافع الحديد الصبّ وتزوّدت بها السفن، وهنا أيضاً لعب توحيد نمط الصناعات دوراً مهمّاً. لقد توصّلنا، بفضل تحسين مستوى الخراطة، للحدّ من العيارات وتأمين تزوّد منتظم بالذخائر. بين العامين 1550 و 1561 ابتكر قدح الحديد أو الفولاذ وضمن حياة أطول للقطع.

بعد ذلك أصبحت المدفعية ثابتة في حين كانت الآليات الخشبية القديمة تُركّب في مكان عملها. إذن كان يجب حمل المدافع؛ جاءت الركائز المعجّلة وأصبحت في وقت قصير ذات مقدّم مستقلّ، ممّا سهّل من قيادتها. وعندما ازدادت المعلومات حول بعض قوانين علم القذائف، التي بدأ دراستها الإيطالي تارتاغليا Tartaglia في بداية القرن السادس عشر، تمّ تحسين المدفع: أصبحت الركيزة تتألّف من جزأين متراكبين، حيث بإمكان الجزء الأعلى أن يرسم قوس دائرة ويثبّت في الوضع الذي نريد بواسطة شبيكة، وهكذا ولد المرفاع (شكل 26). مذ ذاك انتشر كثيراً استعمال المدفعية. ربّما كانت مدافع شارل الشجاع Charles le téméraire، عام 1476، عبارة عن أوّل قطع حديثة حقّاً. ويعتقد المؤرّخون العسكريون أنّه في رافين Ravenne، عام 1512، أمكن الكلام عن صناعة المدافع؛ وقد كان دورها مهمّاً في مارينيان Marignan عام 1515. كما أنّ التشريع الملكي الفرنسي عام 1544، بإدخاله العيارات الستة النهائية، ضمن للمدفعية فعاليتها العسكرية واللوجستية.

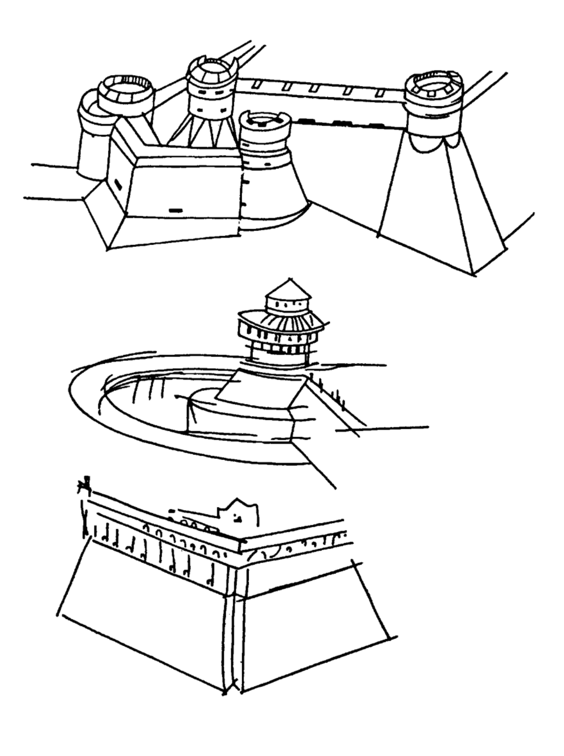
تاريخ الأسلحة النقّالة ليس معروفاً كما يجب. جرت المحاولة بادىء الأمر لتحسين

الأسلحة الموجودة، لا سيّما القذّاف، عن طريق تقوية النابض وبالتالي قوّة ومدى السلاح. وشهد القرن الخامس عشر نوع قذّافات أرقى وأسهل للمعالجة من سابقته.

أوّل صور للأسلحة النارية المحمولة نراها لدى كييسير Kyeser في بداية القرن الخامس عشر. إنّها عبارة عن أنابيب حديدية صغيرة مقتبسة عن المدفع القديم ذي الأبعاد المتواضعة. ومن هنا وصلنا نحو نهاية القرن الخامس عشر وبداية السادس عشر إلى المدافع المرفوعة على قاعدة خشبية والتي يمكن تنقلها وكانت على نوعين: نوع يعمل دون سند ونوع يستند إلى حمّالة حلّت مكانها الحاصرة انطلاقاً من العام 1520. هذه الأسلحة النقّالة هي التي ضمنت النصر لشارل كينت Charles Quint في بافيا Pavie عام 1523. ومنذ نهاية القرن السادس عشر حقّقت الأسلحة النارية النقّالة تطوّرات مهمّة إن من ناحية خفّة الوزن أو من ناحية الدقة.

إنّ التطوّرات التي حصلت في سلاح المدفعية قلبت مبادىء التحصين، بالإضافة طبعاً إلى استعمال البارود في الألغام (شكل 27). عام 1515 أزال الفرنسيون قصر ميلانو بواسطة مدفعية غاليوه دو جونوياك Galiot de Genouillac كما بواسطة ألغام بيدرو نافارو Pedro Navarro. مذ ذاك لم يعد لسور القرون الوسطى العالي أيّ أهمّية.

كانت الفكرة الأولى تتّجه صوب اعتماد تقنية التحصين القديمة. لقد بدأ بناء قصر لانجي Langeais نحو العام 1465 ضمن أسلوب تقليدي ولهذا بقي إنجازه ناقصاً. من جهة أخرى عمد المهندسون المعماريون الواعون للتحوّل الذي حدث في الفنّ العسكري إلى إعادة التصاميم القديمة ولكن مع تخفيض الأسوار وتسميكها وتزويدها بمسطحات لوضع المدفعية. يمكننا ذكر قلعة نانت Nantes، وقلعة سان مالوه Saint- Malo اللتين بدأ بناؤهما نحو الأعوام 1466-1470، وقلعة هام Ham، في بيكارديا Picardie (1470-1475). ولكن أفضل مثل هو دون شك قلعة سالس Salses، ليس بعيداً عن بربينيان Perpignan، التي بناها الإسبان عام 1497 تحت إشراف المهندس راميرز Ramirez. وقد ذكر ريتر R. Ritter أنّها أوّل قلعة محجوبة بمعظمها عن القصف المباشر رغم أنّ تصميمها كان تقليدياً جدّاً . من هنا ننتقل إلى المواقع الدائرية المحصّنة، المنبثقة عن البرج المطمور في القرون الوسطى، وكانت مزوّدة بمسطحة مبلّطة للمدفعية، وأيضاً إلى المعاقل المقبّبة المزوّدة بكوّات للمدفعية المُضيقّة: نذكر معقل سان نيكولا Saint- Nicolas في لانغر Langres، من نهاية القرن الخامس عشر، وبرج تولون Toulon الضخم الذي بدأ عام 1514 تحت إشراف الإيطالي جان انطوان ديلاّ بورتا Jean Antoine Della Porta، والشبيه ببرج الهافر Havre الذي لم يعد موجوداً اليوم.



شكل 27. ــ تحصينات ليوناردو دافينشي.

لا شكّ في أنّ الإيطاليين هم من بدأ العمل على أشكال جديدة، إلاّ أنّ التحوّلات كانت في البدء بطيئة نوعاً ما وخجولة. نذكر لورنزو دي بييترو Lorenzo di Pietro، المسمّى فيكييتا Il Vecchietta، الذي أنار الطريق لتلميذه فرنشسكو دي جيورجيو مارتيني وقد قام بإنجازات تضمّنت نفحة تقليدية جداً. ذلك الحين تجلّت النقاط الضعيفة في أجزاء كبيرة من التحصينات ومن هنا جاءت الفكرة لتقوية التحصينات القديمة بمنشآت تقام في الأمام وتحمي الأسوار الموجودة. لقد قام المؤرّخ ج. ريشار J. Richard بوصف ما أنجزه فرنسوا دو سوريان François de Surienne في ديجون Dijon، منذ العام 1461، وما أنجزه أيضاً في قلعة فوجير Fougères، والشيء نفسه بالنسبة لرودس عام 1496. بهذه الطريق كانت مدفعية المحاصِر تبقى بعيدة، وفي عام 1521، قام الإيطالي باسيليو ديّلا سكولا Basilio Della Scuola، من فيتشنزا Vicence، أيضاً في رودس، بوصل الحصن مع جدار التحصين حتّى أصبحا بناء واحداً.

اعتمدت عائلة سانغالو Sangallo المواقع المحصّنة على شكل البستوني في شيفيتا كاستيلاّنا Civita Castellana (1494-1497م)، وفي نيتونو Nettuno (1501-1502)، ثمّ وضع انطونيو داسانغالو، عام 1515، تصاميم مضلّعة القاعدة في شيفيتافيكيا Civitavecchia، وبعدها في أنكونا Ancône عام 1527. عندئذ ظهرت التحصينات ذات العروات حيث بُني موقع ديلا مادالينا della Madalena في فيرونا Vérone عام 1527 على هذا النسق على يد المهندس ميكيلي ليوني Michele Leoni. سرعان ما اعتمدت هذه الأشكال في فرنسا، في تروا Troyes (1524-1529)، في سان بول دوفانس Saint- Paul- de- Vence، وفي نافارانكس Navarrenx (1543-1569). هنا يمكننا القول بولادة التحصين الحديث، وأوّل المنظّرين كان ألبير دورير Albert Dürer، عام 1527، تبعه باتيستا ديلا فالي Battista Della Valle، ثمّ قام إيرار دو بار لودوك de Bar- le- Duc بوضع القوانين في كتابه حول فنّ التحصين (1594)، وفيه يعرّف بقواعد الاستتار، بكيفيّة استعمال خصائص الموقع والأرض ووضع الحدود وتمويه جوانب الموقع بالنسبة للعدو عبر وضع جدار بين استحكامين، كذلك ابتكر قمّة الحصن وعاير سماكة الأسوار. هنا نقترب من فوبان Vauban.

أمّا الإنجاز الكبير في عصر النهضة فكان توسّع المدى الجغرافي، ولطالما شغل تزايد التنقّلات وتنظيم المدى اهتمام التقنيين وأيضاً اهتمام السلطات على أنواعها.

المسألة الأولى هي مسألة النقل، فقد كانت مركزية البلدان وتوسّع مساحة العالم المعروف تتطلّب وسائل نقل جديدة تلبّي تزايد حركة المرور والمسافات الطويلة. إن كان كدن الجواد قد بقي على حاله، باستثناء بعض التفاصيل، فإنّ العربة كانت بحاجة للتكيّف

مع طلب متزايد عليها، وقد حدث التطوّر عبر تجديدات عديدة يتعلّق أوّلها بالمقدّم المتحرّك الذي سهّل قيادة العربة رباعية العجلات. ونرى المثل الأوّل عنه على ختم فرنشسكو دا كارارا Francesco da Carrara، عند نهاية القرن الرابع عشر، رغم أنّ الرسم رديء وصعب التفسير. على كلّ حال هناك رسم دقيق نراه على مخطوطة تعود تقريباً إلى العام 1470. الأمر هو في الواقع عبارة عن عربتين لكلّ منهما عريشها الخاص حيث تتثبّت العربة الخلفية بعريشها بمحور موضوع على العربة الأمامية. لكن هذه الوسيلة كانت قابلة لأن تنقلب بسبب فقد التوازن، ولم يكن بإمكانها سوى أخذ المنعطفات الواسعة. والمعروف أنّ رافاياك Ravaillac اقترف إثمه لأنّ عربة هنري الرابع كانت تفتقر إلى مقدّم متحرّك وتجد صعوبة في المرور في بعض الشوارع. إلاّ أنّه عند نهاية القرن السادس عشر أصبح استعمال مقدّم العربة المتحرّك متداولاً على نطاق واسع.

المسألة الثانية كانت مسألة التعليق؛ كانت صناديق العربات تعلّق باديء الأمر بسلاسل أو بسيور، كما نرى على رسم يعود إلى العام 1405، والبعض رأى فيه «العربات المرتجّة» التي تأكّد استعمالها منذ سنة 1398. ويبدو أنّه اكتُشفت مؤخّراً صور أقدم: في مخطوطة من ألمانيا الجنوبية، تعود إلى الأعوام 1330-1350 (مخطوطة تصوّر الهرب إلى مصر)، ثمّ في مخطوطة انكليزية من الربع الثاني للقرن السادس عشر. وأفضل تحسين جرى في منتصف القرن السادس عشر كان في تعليق السلاسل أو السيور ليس بإطار العربة، بل بنوابض كبيرة موضوعة على هذا الإطار، ونرى صورة واضحة جدّاً عن هذا الأمر في مخطوطة ألمانية من العام 1568.

هناك اختراعات أو ابتكارات أخرى تجدر أيضاً دراستها، ونذكر العجلات حيث نرى خلال القرن السادس عشر ظهور تقنيتين. كانت حماية العجلة الخشبية تتمّ بواسطة صفائح مسمّرة عليها: لدينا أمثلة مبكرة من القرون الوسطى، وكان القدماء يستعملون صفائح من البرونز. أمّا الإطارات المحزومة على الساخن حول عجلات العربة فقد ظهرت مؤخّراً في القرن السادس عشر. الإتقان الثاني يتعلّق بانحناء أشعّة العجلة على القبّ أي على الثقب الموجود في الوسط، بهذه الطريقة كنّا نتجنّب تحميل جهد كبير للعجلات وقد استعملت كثيراً دون شكّ فيما يخصّ ركائز المدافع.

كانت المواصلات البّرية وما تزال مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالطرقات. والحق يُقال قلّما شهدت تقنيات الطرق تغيّراً إلاّ على صعيد التنظيم: الأسيسة، كما قد نقول اليوم، هي النقطة الرئيسية هنا. في فرنسا، إن أردنا أن نأخذ مثلاً نال نصيبه من الدراسة، بدأت شبكة الطرقات العامّة تصبح اهتماماً حكومياً انطلاقاً من عهد لويس الحادي عشر: رصف، مراقبة

التجاوزات، وحتّى فتح طرقات جديدة. وبطلب رسمي من الملك المذكور تمّ فتح نفق جبل فيزو Viso من أجل وصل الدوفينيه Dauphiné بمركيزية سالوس Saluces. لقد حُفر على علوّ يبلغ أكثر من ألفي متر وكان ارتفاعه مترين وعرضه مترين وخمسين سنتيمتراً، ونلفت إلى أنّ خطأً في الشقّ أدّى إلى التواء بسيط فيه. لقد كان هذا العمل، الذي نُفّذ من 1478 إلى 1480، عبارة عن حدث في ذاك العصر: إنّه أوّل نفق كبير في الأوقات الحديثة. كذلك تجدر دراسة الجسور التي تكاثرت منذ نهاية القرن الرابع عشر ولكن التي لم يُخصّص لها أيّ عمل مهمّ حتّى عصرنا الحاضر.

لقد بقيت الملاحة النهرية، في الفترة التي نتناولها، وسيلة نقل ملائمة ومنتشرة على نطاق واسع. في هذا المجال كانت التطوّرات المهمّة التي تحقّقت تمت بصلة إلى تنظيم السبل النهرية أكثر منه إلى التحوّلات التقنية، فقد كان بالإمكان تحسين شروط النقل النهري، المهمّ منذ بدايته، عبر أشغال كبيرة، إلاّ أنّ العوارض الأرضية وضخامة الأعمال المطلوبة كانت تقف غالباً عائقاً أمام المشاريع. كانت التمهيدات، وإقامة المستويات والتزوّد بالمياه عبارة عن موانع يصعب اجتيازها. عند وجود فارق في المستوى، كانت مشكلة التهويس لرفع السفن أو خفضها من مستوى إلى آخر تبقى دون حلّ عملي، ويبدو أنّ التقدّم الملحوظ قد حصل من جهة في حفر الأقنية، والمعروف أنّ ليوناردو دافينشي أبدى اهتماماً خاصاً بهذا الأمر، ومن جهة أخرى في مسألة الهويسات. لقد عمل ليوناردو دافينشي في أقنية الميلاني Milanais بإشراف الخبراء الذين سبقوه والذين ابتكروا على ما يبدو تقنيات لا نعرفها كما يجب. إذ إنّنا نجهل كلّ شيء تقريباً عن تقنيات الحوافّ النهرية وإحكام سدّها. بالنسبة للهويسات لم يحاول المؤرّخون توضيح معطيات المسألة ويُحكى أنّها كانت موجودة في القناة التي تصل بروج Bruges بالبحر، في القرن الثالث عشر. في الواقع تُظهر لنا رسوم مهندسي عصر النهضة وجود حلّين: الحدر الذي كانت تجرّ عليه الزوارق، والهويسات ذات الأبواب كما نعرفها. وكان يوجد أبواب متحرّكة في القناة التي شقّها جان دونيور Jean de Niort، دوق بيري Berry، عام 1394، وربّما وجدت أيضاً، في العصر نفسه، على قناة الجوين Juine، في مقاطعة إيتامب Étampes. وشهد القرن الخامس عشر تحسينات تتعلّق بمصاريع الأبواب، وبعدها اتّخذ الباب المتحرّك والهويس شكلهما النهائي. فيليب فيسكونتي Philippe Visconti بنى هويساً عام 1440، وسكّان البندقية عام 1481 على البيوفيغو Piovego، ويقدّم لنا ألبرتي Alberti وصفاً دقيقاً لهما. إنّ ما سمح بهذا التقدّم هو أنظمة الفتح والإغلاق التي كانت تشكّل العائق الأكبر.

بعد ذلك وبحكم وجود بلدان متمركزة وغنية نسبياً، أصبح بالإمكان إنشاء شبكات

من القنوات حيث كانت مجاري المياه الطبيعية غير مستعملة أو غير كافية، حتّى أنّنا توصّلنا إلى ضبط مستوى هذه المجاري الطبيعية. منذ سنة 1468، أعيدت عملية ضبط مستوى نهر اللوار la Loire، بعد توقفها لفترة طويلة، وتوسّع العمل وطال سلسلة من الروافد التي جعلت من اللوار محور اتّصال كبير بين مناطق كثيرة: رافد أورون Auronلمدينة بورج Bourges، رافد برين Brenne لحمل الخشب إلى مدينة تور Tours، رافد كلان Clain لوصل مدينة بواتييه Poitiers بهذه الشبكة، ثمّ روافد لوار Loir، مين Maine وسارت Sarthe. الشيء نفسه جرى في لومبارديا Lombardie، وفي القرن الرابع عشر كان تحويل مجرى نهر تيسّان Tessin قد أُكمل حتّى ميلانو، كما ضُبط مستوى نهر البو Pôجزئياً. وقد ساهم انشاء الهويسات، عام 1395، بنقل قطع الرخام إلى الكاتدرائية. أمّا تحويل مجرى نهر المارتيسانا Martesana فقد بدأ عام 1457 من أجل تزويد مدينة ميلانو بالمياه، قبل أن يُستعمل للملاحة: وقد عمل فيه ليوناردو دافينشي تحت إشراف برتولا دانوفاتي Bertola da Novate. وفي بداية القرن الرابع عشر كان قد تمّ ضبط مستوى نهر ستيكنيتز Stecknitz حتّى لوبيك Lübeck ثمّ شُقّت قناه وصلته مع نهر الإلب Elbe مجتازة للمّرة الأولى، في السنوات 1391-1398، مقسماً بين حوضين.

لقد أتاحت لنا الاكتشافات الكبيرة ملاحظة التطوّرات التي حصلت في مجال الملاحة البحرية وقد طالت نقاطاً عديدة: أوّلاً السفينة بحد ذاتها ثمّ تقنيات الملاحة وأخيراً المنشآت المرفئية. بالرغم من وجود العديد من الأعمال فإنّ تاريخ السفينة يبقى بانتظار من يصنعه، ولا شكّ في أنّ تطوّرها كان بطيئاً وتدريجياً، بعيداً عن التحوّلات المفاجئة. لقد انتشرت السفينة الشمالية على نطاق واسع ولكنّها استفادت بدورها من بعض عناصر الأشرعة المتوسّطية. في القرن الخامس عشر، كانت سفن الشحن لا تختلف كثيراً عن سفن القرن الثالث عشر، ثمّ تمّ دمج الحاميات نهائياً مع الهيكل الذي بقي واسعاً جدّاً من أجل تسهيل عملية الجنوح. ولضمان صلابة هذه الهياكل اعتُمدت تعزيزات خارجية تجعل السير أبطأ. وفي بداية القرن السادس عشر أصبح يُخفّف من وزن هذه الهياكل وانخفض الرأس إلى مستوى الجسر بينما ارتفعت الحاميات الخلفية. وقد انبثقت سفينة الكرافيل Caravelle بعد عمليه تطوّر طويلة ولم تأخذ أشكالها النهائية إلاّ عند نهاية القرن الخامس عشر، حين ساهم تخفيف وزن الهيكل بتسهيل السير وزيادة مقاومة الانحراف. ويبدو أنّ الحدث الأهمّ كان المزج بين الأشرعة الشمالية والأشرعة اللاتينية وقد أصبحت السفينة مزوّدة بثلاثة صوار، الصاري الأمامي الذي يحمل شراعاً مربّعاً، الصاري الأوسط، أي الصاري القديم الكبير الوحيد والذي يحمل أيضاً شراعاً مربّعاً، وصاري المؤخّرة الموضوع على الحامية

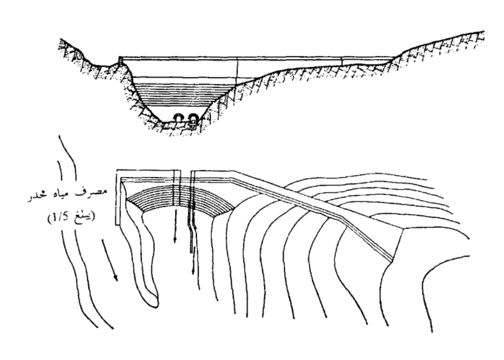
الخلفية والذي يحمل شراعاً لاتينياً. وحده الصاري الكبير وشراعه كان مهمّاً، بينما كان الصاريان الآخران عبارة عن ثقّالتين تحافظان على طريق السفينة. بين العامين 1450 و1550 أضيف صار رابع في الخلف يحمل أيضاً شراعاً لاتينياً. في الأمام تمّ تثبيت الصاري المائل وأصبح السير التواء ضد الريح أسهل وزادت إمكانية إبقاء السفينة على طريق معيّنة. على مدى القرن السادس عشر شهدت هذه السفن تحسينات عديدة وتضاعفت أنواعها؛ سفينة الغليون Galion التي جابت السواحل الأمريكية ظهرت نحو النصف الثاني من ذلك القرن.

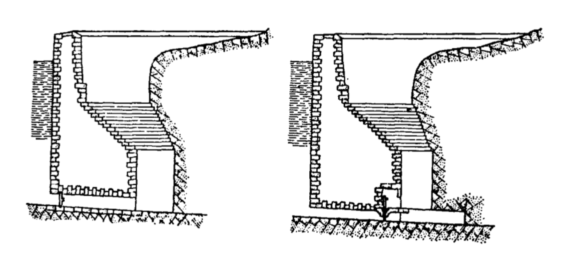
أمّا فنّ الملاحة فقد شهد، أكثر من السفينة، تحوّلاً جذرياً. إنّ الاكتشافات التي جرت في نهاية القرن الخامس عشر وبداية السادس عشر غيّرت حتماً في فنّ رسم الخرائط، ولكن وجب انتظار ميركاتور Mercator كي نرى الخرائط المسطّحة تتحوّل إلى خرائط مطابقة للواقع وأولاها تعود إلى سنة 1569، بعد ذلك الحين أصبح من الممكن رسم طريق ما على الخريطة. وخلال القرن الخامس عشر أتقنت جداول علم المثلّثات وسمحت، كما يذكر ج. بوجوان G. Beajouan، بحساب المسافة التي يجب أن تقطعها سفينة أخذتها ريح معاكسة عن دربها كي تعود إلى هذا الدرب باتّباع اتّجاه بوصلي معيّن؛ كذلك كان يمكن حساب فارق خطّي العرض بين مرفأين. ولقد بقيت المشاهدات الفلكية تجري على الأرض، طالما كانت الملاحة سواحلية بشكل أساسي. وقبل العام 1480 لم يكن يوجد فعلاً أيّة ملاحة فلكية، ولم يظهر الاسطرلاب الملاحي للمرّة الأولى إلاّ على خريطة محفوظة في الفاتيكان ويعود تاريخها إلى سنة 1529، أمّا أولى جداول الانحراف الشمسي فقد طبعت في البندقية عام 1483. حتّى منتصف القرن السادس عشر كان الإبحار تقديرياً، وكان ما يزال من الصعب معرفة الطريق والسرعة على وجه الدقّة، ثمّ ساهم استعمال البوصلة، المعروفة منذ العصر السابق، اختراع والساعة الرملية والعادية، ولم يكن استعمالها سهلاً في البحر، واختراع المسراع أو مسجّل سرعة السفينة، بحلّ مشكلة السير المنحرف وبالحصول على ملاحة أدقّ نوعاً ما.

إنّ ازدياد عدد السفن وحمولتها كان يطرح مسألة المرافىء. وبالطبع كانت المشكلة أصعب في البحار حيث المدّ والجزر، لذلك كانت تُعتمد غالباً تقنيات الجنوح المعروفة. المرفأ الوحيد الحقيقي والكبير في أوروبا الشمالية كان مرفأ بروج Bruges، لكنّ القنال الذي كان يصله بالبحر كان ضيّقاً، قليل العمق ويمتلىء رملاً، ولم يكن بإمكان عمليّات الجرف، وإنشاء الطرّادات وحتّى قنال جديد أن تحلّ المشكلة فأخذ مرفأ انفير Anvers أهمّيته منذ منتصف القرن السادس عشر. في معظم مرافىء بحر المانش Manche، مثل هارفلور Harfleur، غرانفيل Granville، وبورتانبيسّان Port- en- Bessin كان يتعيّن حبس

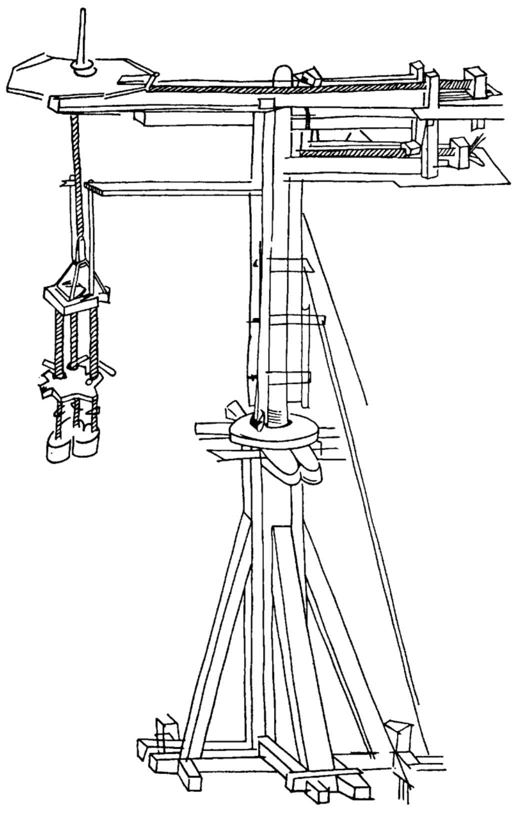
الأنهار وخلق أحواض طرد تكاثرت على مدى القرن الخامس عشر. من جهة أخرى بقي تنظيف المرافىء يتمّ بالرفش والمنقلة طويلاً قبل أن يصبح أسهل بفضل إنشاء السدود والأرصفة. وبفضل خزّانات طرد أمكن في بداية القرن السادس عشر إنشاء مرفأ الهافر Havre. كما يبدو أنّ بناء الأرصفة والسدود أتقن على نطاق واسع في الشمال كما في الجنوب حيث كان بناء المرافىء أسهل بفضل وجود شاطىء صخري دون مدّ وجزر. ولهذا شهدنا أعمالاً كبيرة بهذا الاتّجاه جرت في نابولي عام 1447، في باليرما Palerme عام 1541، وفي ليفورنو Livourne نحو منتصف القرن السادس عشر. الشيء نفسه في جنوى حيث امتدّ الرصيف الحاجز وزُوِّد بمنارة جديدة. ويجدر بنا أن ندرس بشكل أعمق كلّ هذه التقنيات المرفئية التي شكّلت عنصراً أساسياً في تقدّم الملاحة البحرية إذ لا يبدو لنا أنّ البحث كان جدّياً فعلاً في هذا المجال الذي تجلّت أهمّيته بوضوح عند نهاية القرن الخامس عشر وعلى مدى القرن الذي تلاه.

وتوسّع تنظيم المدى الجغرافي وطال تقنيات أخرى أصبحت أسهل بفضل تطوّر في التقنيات نفسها وأيضاً بفضل المركزية السياسية. كانت التجفيفات تمارس منذ وقت طويل ونأخذ مثلاً تجفيف مستنقعات بواتييه Poitiers وبعض مناطق على ساحل بحر الشمال. منذ القرن الخامس عشر اتّخذت هذه الأعمال طابع المنهجية وبدأت توضع المشاريع الجماعية. في مستنقع بواتييه أعيد بدء العمل بين العامين 1438 و1443 قبل وضع الخطّة العامّة سنة 1526. وبين العامين 1440 و 1460 بوشرت الأعمال الكبيرة على ساحل البندقية. أمّا في البلاد الواطئة وبعد تشكيل سويدرسي Zuyderzee، نحو العام 1300، وبعد الفيضان الكبير عام 1421 الذي هدم سدّاً أقيم في القرن الرابع عشر، أعيد العمل بشكل منهجي يسهّله استعمال الطواحين الهوائية. وانطلاقاً من العام 1435 أقيمت البلدرات Polders (وهي عبارة عن أراض منخفضة مستصلحة من البحر) مع تربيعات وسلسلة من الحواجز. وتعود الحواجز الكبيرة في جزيرة فالخيرن Walcheren، وطولها يقارب الأربعة كيلومترات وسماكتها مئة متر وارتفاعها عن البحر العالي أربعة أمتار وثمانين سنتيمتراً، إلى نهاية القرن الخامس عشر: لقد تصدّعت عام 1530 لكنّها عادت فرُمِّمت في السنوات اللاحقة. في فريز Frise بوشر العمل بالحواجز والسدود الكبيرة نحو العام 1570 بواسطة الإسباني كاسبار دي روبليس Caspar de Robles، وكانت هذه الحواجز تحمي الأراضي الواطئة من البحر ومن الأنهار الكبيرة فيصبح بالإمكان تجفيفها. لقد ابتكر الهولنديون تنظيماً واسعاً بالفعل أشرف عليه رجال جديرون مثل أندريه فيرليغ André Verligh منذ سنة 1552، ثمّ سيمون ستيفين Simon Stevin، وبعد أن أصبحوا أسياداً في هذا الفنّ تمّ استدعاؤهم من جميع الأنحاء: من فرنسا





شكل 28. ـ مقطع وارتفاع حاجز المانسا Almansa (نحو 1550-1560).



شكل 29. ــ مرفاع ليوناردو دافينشي.

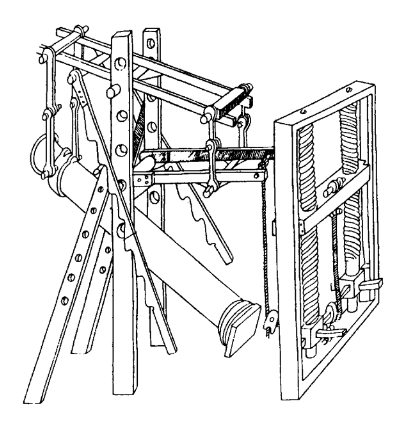
لأجل مستنقعات فيرنييه Vernier على السين Seine المنخفض، ومن بولندا من أجل مصبّات نهر فيستولا Vistule، بين إلبينغ Elbing ودانزيغ Dantzig، ما بين العامين 1528 و1562.

توازياً مع هذه الأعمال كانت تجري في البلاد الجافّة أعمال ريّ كبيرة، ونذكر سدّ المانسا Almansa الكبير جنوبي إسبانيا، الذي يعود إلى منتصف القرن السادس عشر: كان ارتفاعه يبلغ 20,69 م وطوله 89 م (شكل 28). أمّا سدّ تيبي Tibi، أيضاً جنوبي إسبانيا، فقد أقامه في الربع الثالث من القرن السادس عشر مهندس الإسكوريال Escurial، هيرّيرا Herrera.

إنّ كلّ هذه الأشغال الكبيرة: مرافىء، تجفيفات، ريّ تستلزم بالطبع إتقاناً معيّناً في الوسائل المستعمله: (شكل من 29 إلى 31)، إلاّ أنّ معلوماتنا بخصوصها ليست كافية. إذا كان ليوناردو دافينشي قد ترك لنا العديد من الرسومات، لا سيّما رسم حفّارة كبيرة للأقنية ورسوم آلات للرفع، ولزرع الأوتاد، وإذا كنّا نرى جرّافات في رسوم أخرى، فإنّنا نجهل مثلاً كيف كان يتمّ تمهيد المستويات.يبدو من الواضح ظهور آلية متطوّرة خاصّة في النصف الأوّل من القرن السادس عشر، وكثيراً ما تطالعنا أسماء المهندسين الذين وضعوا فكرتها ونفّذوها. وقد كان المخترعون يستدعون إلى بلاد غير بلادهم، مثلاً عام 1413 تعاقد أهل مرسيليا مع شخص من جنوى اخترع آلة جديدة لتنظيف المرفأ.

أخيراً كانت التقنيات المدينية أحد أكبر اهتمامات رجال عصر النهضة، وإذا كان بعضها قد دُرس بشكل جيّد فإنّنا ما نزال نجهل قسماً كبيراً منها. ما نؤكّد عليه هو ولادة مدينية نظرية: لقد قام ألبرتي Alberti، فرنشسكو دي جيورجيو، وفيلاريتي Filarete بدراستها وشرحها ورسموا، مثل ليوناردو دافينشي، تصاميم مدن منتظمة، متعامدة، مع عناصر وأفكار جديدة مثل الساحة العامّة وأوّل نموذجين عنها كانا في مدينتي كورسينيانو Corsignano و فيجيفانو Vigevano نحو السنوات 1460، مع كلّ قواعد عرض الشوارع، وارتفاع المنازل وإقامة المباني العامّة. كما ظهرت مدن جديدة حاول فيها المهندسون المدينيون تكييف هذه التصاميم المنتظمة مع أراض أقلّ انتظاماً. وكلّنا نعرف تنظيمات روما بين السنتين 1464 و 1540، وإنشاء كورتي مادجيوري Corte Maggiore بين السنتين 1470 و 1481، ومدينة الهافر Havre التي أعاد تنظيمها بيلارماتي Bellarmati عام 1541، ومدينة نانسي Nancy الجديدة التي أنجزها تشيتوني Citoni عام 1569.

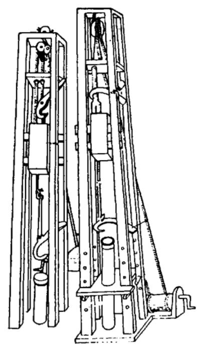
لقد تحسّنت صيانة الشوارع والمباني، تبعاً لتقنيات قديمة: رصف الشوارع، تنظيف منتظم، خدمة المجارير. وأهمّ هذه المشاكل كانت مشكلة المياه؛ في روما جرى ترميم



شكل 30. ــ أجهزة الرفع لدى فرنشسكو دي جيورجيو.

القنوات المائية القديمة وأضيفت إليها قناتان عند نهاية القرن السادس عشر، في سيغوفيا Ségovie رُمِّمت القناة الرومانية عام 1481. ونذكر أنه في باريس عام 1499 لم يكن هناك سوى اثني عشر ينبوعاً. وكانت لياج Liège في نهاية القرن الخامس عشر تتزوّد بالماء القادم عبر أقنية تفريغ المناجم. كانت تُستعمل المضخّات الدافعة والرافعة: في طليطلة Toledo عام 1526، في غلاوسيستر Gloucester عام 1542، في أوغسبورغ عام 1548، وفي باريس عام 1608. وقد سهّلت آلات حفر وثقب الأنابيب الخشبية في توزيع المياه.

علينا الآن أن نعود إلى ما طرحناه في البداية. لقد عرف عصر النهضة فعلاً تحوّلاً عميقاً، وأكبر دليل هو الاكتشافات الكبيرة والانطلاق الاقتصادي. إذا وضعنا أنفسنا في النصف الثاني من القرن السادس عشر، نلمس تغيّرات مهمّة في عدد كبير من التقنيات المختلفة. وفي كثير من الحالات، لم يكن الأمر عبارة عن مجرّد امتداد للتقنيات السابقة وتطوّرها، بل ظهور عناصر جديدة كلّياً. منذ اكتشاف نظام الساعد ـ الرائد ظهرت آلية متطوّرة وسيطرت على الأشغال الكبيرة مثل المناجم والأشغال العامّة كما طالت الصناعات المتعدّدة. كذلك تغيّر العديد من الطرق في الصناعة المعدنية بشكل عام مع ظهور الآهن والطريقة المباشرة، ومع ظهور الملغم بالنسبة للذهب. وأيضاً في مجال المواصلات، كانت



شكل 31. ــ مدقّات لغرز الأوتاد لدى فرنشسكو دي جيورجيو.

«الثورة الصناعية» عميقة. كلّ هذا يعني ولادة نظام تقني جديد، من حيث إنّ كلّ الاختراعات الجديدة كانت تكمّل بعضها البعض. لقد كان العالم يغيّر فعلاً في صورته.

التطوّر والحدود

على هذا النظام الكلاسيكي عاش القرن السابع عشر بأكمله وقسم كبير أيضاً من القرن الثامن عشر. واستعملت عبارات كثيرة مثل توقّف التطوّر التقني، وإعاقة الفكر التقني للدلالة على واقع يصعب إدراكه ويصعب أكثر الإمساك بأسبابه.

إلاّ أنّه يمكننا التوقّف عند بعض الأحداث المهمّة ومنها ما يُفسّر، على الأقلّ جزئياً، الانحطاط الذي تبع انطلاقة القرن السادس عشر الكبيرة. بالطبع لعبت الاضطرابات السياسية دوراً مهمّاً، مثل الحروب الداخلية في أكثر من مكان وخاصّة في النصف الثاني من القرن السادس عشر، ثمّ الحروب الطويلة التي جرت خلال النصف الأوّل من القرن السابع عشر والتي خرّبت قسماً كبيراً من القارّة الأوروبية. وهناك من يعتقد بأنّ التقنيات العسكرية قد استفادت من هذه الحروب. لا شكّ في أنّه جرت بعض التحسينات لا سيّما في ما يخصّ الأسلحة المحمولة، إذ نحو سنة 1630 وصلت البنادق القدّاحة والطبنجات إلى شكلها النهائي وبقيت نفسها تقريباً حتّى بداية القرن التاسع عشر، أمّا المدفعية فلم تعد تجد مجالاً للتطوّر، باستثناء بعض التفاصيل الصغيرة. بالنسبة لأنظمة التحصين فقد رتّبها وقنّنها، كما

رأينا لتوّنا، إيرار دو بارلودوك Érard de Bar- le- Duc عند نهاية القرن السادس عشر. أمّا الكتاب الذي وضعه الفارس دوفيل De Ville حول التحصينات (1628) فيعرض نظاماً مدروساً أكثر ولكنّه لا يختلف جذرياً، ثمّ وضع بليز ـ فرنسوا دو باغان Blaise- François de Pagan، كونت مرفاي Merveilles مقالة في التحصينات (1645) أدخلت بعض التعديلات. وبالرغم من أنّ باغان لم يشرف على أيّ نوع من الأعمال، وبالرغم من أنّ أيّ حصن لم يُبن حسب «نظام باغان»، فإنّ علم تلميذه فوبان Vauban ينبثق كلّياً عنه: توزيع الدفاع في العمق، والطرق المستورة في الخارج. لقد أضاف فوبان إلى علم متطوّر أصلاً تحسينات محدودة وطرق تكيّف مع الظروف. إذن لم تأتِ الحرب بتعديلات عميقة في التقنيات التي وضعت في القرنين الخامس عشر والسادس عشر.

للاضطرابات دوماً نتائج تنعكس ديموغرافياً، كالبؤس، وهبوط مستويات الإنتاج والأوبئة وكلّها تحدث انخفاضاً في عدد السكّان. حتّى أنّ مؤلّفاً حديثاً تكلّم، في هذا المجال كما في غيره، عن «القرن السابع عشر الرديء». فقد عاد الطاعون واستوطن في أوروبا الغربية بين العامين 1620 و 1640. وهنا تنطرح أيضاً ودوماً مشكلة العلاقات بين التطوّر التقني والمستوى الديموغرافي. بالطبع لا وجود لحلّ وحيد ولكن يبدو في ذلك الظرف أنّ تراجع الطلب وركود الإنتاج طويلاً قد أتاحا نوعاً ما للنظام التقني الكلاسيكي بالاستمرار، حتّى دون تقدّم كبير، وبالبقاء دون نتائج سلبية كبيرة ودون إحداث خلل أو توتّر من النوع الاقتصادي أو الاجتماعي.

في الواقع ينقصنا تاريخ جيّد للأفكار التقنية ونأسف للأمر بشكل خاص من حيث كان بإمكان فترة القرن السابع عشر أن تقدّم عناصر غنية لبحث من هذا النوع. لقد رأينا المكان المميّز الذي شغلته التقنية في النصف الثاني من القرن الخامس عشر، لكن هذه التقنية كانت ما تزال تجريبية على نطاق واسع، ما كان يمنح الذين يمارسونها اهتماماً ملحوظاً. ولا يبدو أنّ رجال بداية عصر النهضة أولئك وجدوا من تلاهم في القرن السادس عشر باستثناء بعض الحالات بالطبع. كانت النفوس مشغولة بالدين، أو بالروحانية بالمعنى الواسع للكلمة، وتجرّدت بعض الشيء عن الإطار المادي الذي بدا وكأنّه بلغ قمّته. لقد اعتاد الناس على التقنيات الجديدة التي رأت النور، التي انتشرت ولم تعد تثير درجة عالية من التعجّب أو الدهشة. كان تلميذ رابليه Rabelais يزور المحارف والحرفيين، ويهتمّ بالمسائل المادّية، أمّا تلميذ مونتاني Montaigne فقد كان شيئاً آخر. بالإجمال يمثّل القرن السادس عشر ثغرة بالنسبة للاهتمام بالتقنيات ولإدارة العالم المادّي.

ولكن منذ نهاية القرن السادس عشر وحتّى نهاية القرن الثامن عشر ورغم الاضطرابات

والمآسي، فإنّ التقنية بدأت تأخذ بعداً آخر. وهذا لا يعني أنّها أحدثت ذلك الحماس الذي ميّز عصر ليوناردو دافينشي: أصغر دليل على هذا! الأمر هو النقص في عدد المقالات التقنية المطبوعة في القرن السابع عشر. إنّها الروح التقنية التي تبدّلت كلّياً. وهنا لسنا بمعرض تاريخ لنموّ الروح العلمية فبالإمكان الاطّلاع عليه في أمكنة كثيرة أخرى. ولكن تجدر الإشارة إلى أنّ الروح العلمية الحديثة قد ولدت تحديداً عند نهاية القرن السادس عشر وعلى مدى القرن السابع عشر. وإذا كانت بعض العلوم، مثل الكيمياء، قد بقيت متخلّفة قليلاً ـ رغم أنّها شهدت اكتشافات مهمّة ـ، فإنّ الفيزياء، والرياضيات وعلم الفلك كانت عرضة لتحوّلات عميقة.

عندئذ بدت العلاقات بين العلم والتقنية وكأنّها تنقلب نوعاً ما. ففي نهاية القرن السادس عشر كان عدد معيّن من العلماء الكبار ما يزال يشكل قسماً من التقنية. ونذكر أسماء مثل غاليلي Galilée وستيفين Stevin وعلماء آخرين لم يقلّوا فعالية. ولكن سرعان ما وصل علمهم إلى مستوى أعلى بكثير، وأصبحوا يعرفون، بعكس أسلافهم في القرن الخامس عشر، كيف يستخلصون من مشاهداتهم التقنية عناصر علمية تندرج تماماً ضمن علم منظّم أكثر، منطقي أكثر، وشمولي أكثر. ألم يكن تقني المياه، غاليلي، لدى أمراء فلورنسا هو من أبرز، وبطريقة عقلانية، الضغط الجوّي والفراغ؟ ألم يقم ستيفين بخطوات حاسمة في الرياضيات أثناء اهتمامه، بكلّ جدارة، بعمليّات التجفيف في هولندا؟

ثمّ وصلنا إلى بداية القرن السابع عشر وسرعان ما وجدنا العلاقة تنقلب، فقد أصبح العلم مستقّلاً، يتطوّر بذاته ويقود ، ولو على نطاق محدود، النشاط التقني. أصبحنا نبحث عن تفسير الفعل التقني، أو الطريقة أو الآلة. بالطبع كان ما يزال يوجد خلط معيّن، مثل روبرفال Roberval الذي كان عالماً ومهندساً، ولكن نذكر ديزارغ Desargues الذي وضع علم نحت الحجارة، وهوغينز Huygens الذي ابتكر الرقّاص الضابط في الساعة ثمّ النابض الحلزوني. في الماضي كان التقني يقدّم المعلومات للعالم، الاثنان مندمجين أم غير مندمجين في شخص واحد، ويعطيه فكرة حول طبيعة المسائل المطلوب حلّها. أمّا في القرن السابع عشر، حيث خفّ عدد العلماء ـ التقنيين، فقد أصبح العالم يقدّم للتقني المعلومات حول علل تقنيته.

لهذا التغيّر أهمّيته، إلاّ أنّه يتضمّن سلبيات يجدر بنا التركيز عليها قليلاً. بالطبع من المهمّ أن نعرف هذه العلل وهي قد تفيد للوصول إمّا إلى بعض التحسينات وإمّا إلى خيارات بين طرقات عديدة ممكنة. من جهة أخرى، وقد أشرنا إلى هذا في بداية الكتاب، كان العلم ما يزال عند مستوى لا يسمح له، في معظم الحالات، أن يكون موجّهاً لتطوّر تقني فعلي.

العلم يحاول أن يُفسِّر ولكن لا يتحمّل التجديد. أكثر من هذا، عندما تصبح التقنية متعلّقة، في مادّة معيّنة، بالعلم، وعندما يعجز هذا العلم عن مساعدة التقنية على اجتياز بعض الحدود فإنّه يتسبّب بإعاقة التطوّر التقني. هنا نصطدم حتماً بصعوبة المرور من التصوّر العلمي إلى التصوّر التقني، وسنحاول إعطاء بعض الأمثلة.

هناك أوّلاً أمر مهمّ يجب التوقّف عنده. لقد ذكرنا أنّ التطوّر التقني كان بالطبع يتعلّق بالفكرة التي تؤخذ عن التقنية من جهة؛ ومن جهة أخرى ببعض المفاهيم الاقتصادية. لقد أقام المركنتيليون سياستهم على أساس حالة ثابتة؛ ما يعني أنّ كلّ الكمّيات في العالم (تعداد سكّاني، إنتاج، تجارة) هي كمّيات ثابتة. إذن ليس بإمكان أمّة معيّنة أن تُغنى إلاّ بأخذها من الأمم الأخرى. ولكن بما أنّ كلّ شيء ثابت، فالتقنية هي أيضاً ثابتة، ومن هنا تأتي فكرة عدم وجود أيّ تطوّر تقني، بل مجرّد تحسينات لتقنيات موجودة أصلاً، وأنّ المجهود ليس في تصوّر تقنيات أخرى بل في فرض التقنيات الموجودة في الخارج. إنّها في الواقع سياسة كولبير Colbert، وأيضاً سياسة عدد كبير من الأمراء، في استيراد صناعات كانت تفرض على البلدان غير المنتجة إخراج كمّيات كبيرة من الذهب.

لدينا العديد من الأمثلة الواقعية عن هذه الرغبة في الإتقان والوصول إلى مستوى عال. لأسباب تتعلّق بالقوّة العسكرية، أراد كولبير أن تملك فرنسا أفضل السفن، فطلب من النجّارين والصانعين في الترسانات المختلفة أن يدوّنوا معلوماتهم، أن يصنعوا نوعاً من مشروع سفينة. لقد احتفظنا ببعض هذه المدوّنات التي تستحقّ دراسات أعمق. ثم تمّ تكليف «لجنة» بالاختيار بين كلّ هذه المشاريع الأفضل لصناعة السفينة النهائية، السفينة المثالية. وقد بُنيت هذه السفينة فعلاً ولم تكن النتيجة ناجحة كما يجب، وليس في الأمر ما يُدهشنا.

لا شكّ في أنّ التعرّف إلى «العلل» الكامنة خلف تقنية معيّنة كان وسيلة للتحسين والإتقان. وندهش لرؤيتنا المجهود الأكبر يُبذل من أجل البحث عن الأسس العلمية أكثر منه لعقلنة التقنيات. إنّ غاليلي وستيفين اعتمدا هذه الطريق عند نهاية القرن السادس عشر وبداية السابع عشر، كما نذكر كأمثلة من القرن الثامن عشر رين Wren، هوغينز Huygens ووليس Wallis الذين درسوا مبدأ المطرقة، كما دُرست قوانين المقذوفات والكبّاسات التي تغرز الموتدة. من المهمّ التعرّف إلى بدايات التكنولوجيا هذه، التي مرّ بقربها رجال عصر النهضة ولم يمكنها أن تتّخذ شكلاً إلاّ عبر علم مشكّل مسبقاً. لقد ذكرت المؤرّخة كلير سالومون ـ بايبه Claire Salomon- Bayet أنّ «العلم في منتصف القرن السابع عشر كان واثقاً من نفسه (...) العلم الرياضي بلغ مرحلة النضوج في حين أنّ التقنية الاختبارية اقتصرت على ما هو مفيد عملياً، ما هو مثير، وما لا تمكن أبداً برهنته».

من حيث إنّ التكنولوجيا، كما يقول غيّوم Guillaume وسيبستيك Sebestik، «تهدف إلى تكوين مقالة العمليات التقنية كمقالة من النوع العلمي»، فإنّ سالومون - بابيه أبرزت مراحل ثلاثاً. عام 1675 رأى بويوه Buot في هذه المقالة عبارة عن بيان مشروح، من 1693 إلى 1695 تأمّل فيوّه دي بيّيت Filleau des Billettes حول شروط إمكانية هذه المقالة التي أرادها في آن واحد منطقية ومصنفة؛ عام 1699 تميّز إصلاح أكاديمية العلوم بإخفاق المحاولة. في الواقع، في حزيران (يونيه) سنة 1675 طلب الملك من أكاديمية العلوم أن «تدرس وسائل وضع دراسة في الميكانيك، مع وصف دقيق لكلّ الآلات المفيدة لكلّ الصنائع المعتمدة في فرنسا وفي أوروبا بأكملها». وقد عُهد بهذا العمل إلى بويوه Buot الذي وضع دراسة ميكانيكية في قسمين: قسم نظري يعرض المبادىء، وقسم ثان يشرح كلّ ما يتعلّق بالناحية العملية وتطبيق النظرية على الآلات. ولكن لا يبدو أن الأمر تجاوز هذه الحدود، إضافة إلى أنّ بويوه توفّي عام 1677. وفي العام 1692 أعاد القسّ بينيون Bignon تناول الموضوع مجدّداً، فشكّل مجموعة تتضمّن ثلاثة أخصّائيين عيّنهم الملك: الأب سيباستيان Sébastien، جوجنون Jaugenon ودي بيّيت Des Billettes، بالإضافة إلى النقّاش سيمونوه Simonneau كمستشار، ومدير المطبعة الملكية أنيسون Anisson، والنقّاش غرانجون Granjon كمستشار تقني. لقد قام بينيون للمّرة الأولى في 16 كانون الثاني (يناير) سنة 1693 بجمع ما كان بإمكانه أن يصبح أكاديمية للفنون. «ربّما كانت دراسة عن الفنون الدقيقة عبارة عن نوع من موسوعة». هؤلاء هم الرجال الذين بدؤوا بشرح الفنون وتصوّروا شكل اللوحات والصفحات، وباشروا بوصف الطباعة في حين كان معظم اللوحات قد نقش. ثمّ جرت تشكيلات سنة 1699 وأُلحقت بأكاديمية العلوم بعض أعضاء أكاديمية الفنون المجهضة هذه. وكان النظام يطلب من الأكاديمية المنقّحة دراسة الآلات ومتابعة العمل الذي بدأ تحت إشراف بينيون. المعروف أنّه وجب انتظار سنة 1762 كي نرى صدور المجلّد الأوّل، بعد فضيحة لوحات موسوعة «L'Encyclopédie» التي وضعها ديدروه Diderot.

الوصف كان عبارة عن مرحلة أولى تبعتها مرحلة البرهنة والعرض، تماماً كما يعمد الفيزيائي أو الطبيب إلى عرض علمه بغية إيصاله للآخرين. منذ النصف الأوّل للقرن السابع عشر لاحت فكرة إقامة معرض للآلات، وفي سنة 1683 أقام أ. بيرمبوه A. Birembault معرضاً للآلات في باريس، شارع لا آرب La Harpe، حيث عُرِضت نماذج مصغّرة عن إحدى وعشرين آلة تُنَفّذ بعضها بواسطة رسوم بعض «مسارح الآلات»، وعن بيسّون Besson، وبوكلر Bökler، وراميلّي Ramelle، سالومون دوكوس Salomon de Caus وسترادا Strada.

وكانت النماذج الأخرى تمثّل اختراعات مخترعين آخرين.

يجدر النظر إلى تفسير الآلات والقوى المحرّكة كأمر جدّي، مهمّ ومفيد جداً للجمهور، من حيث المعلومات، ومن حيث الناحية العملية التي يستطيع اكتسابها الفرد لتطوير نفسه في عمله، وخلال فترة قصيرة. إنّها طريقة مبيّتة نتعلّمها بواسطة المراقبة، ونجدها متجسّدة عبر التجربة الحقيقية والفعلية.

إذن كان هناك من جهة عرض ولكن من جهة أخرى تجربة على النماذج بغية الوصول إلى الإتقان. ونرى في هذا كلّ البرنامج الذي سيسير حتّى إنشاء معهد الفنون والمهن (الصنائع)، وقد ولد انطلاقاً من مجموعات نماذج فوكانسون Vaucanson، وحتّى أبحاث واط Watt على نماذج مصغّرة.

لنعد النظر إلى المجموعة: وصف علمي، عروض وتجارب، هذا ما كانت عليه الدرب الفعلية لتكنولوجيا مولودة حديثاً. وكما لدى موسوعيي القرن الثامن عشر، كان يُطرح، نحو نهاية القرن السابع عشر، السؤال حول قيمة الأدب التقني، إلى درجة لم يعد معها له البريق الذي عرفه منذ نهاية القرن الخامس عشر حتّى نهاية السادس عشر.

غالباً ما عمد الأدب التقني في القرن السابع عشر إلى إعادة نشر وكتابة أعمال مضى عليها قرن من الزمن، مثل منشورات «البيت الريفي» Maison rustique أو مقاطع قديمة من «مسارح الآلات». ونذكر من بينها كتابات ديلاّ بورتا Della Porta (1601) وبرانكا Branca (1629) في إيطاليا، كتابات الألمان زايسينغ Zeisingk (1612)، شوت Schott (1657)، سترادا Strada (1629)، وبوكلر Böckler (1601)، وكتابات الفرنسي سالومون دوكوس Salomon de Caus (1615). حتّى أنّنا نجدها في النصف الأوّل من القرن الثامن عشر: لوبولد Leupold (1724)، فايدلروس Weidlerus (1728)، كونيغ (1752) أو بوليم Polhem (1729). وفي بعض القطاعات، باستثناء الهندسة المعمارية، لم نعد نجد مثل تلك الدراسات التي كانت عديدة ومتنوّعة خلال القرن السادس عشر، على الأكثر يمكننا ذكر دراسة إسبانية حول الصناعة المعدنية وضعها الفاريز ألونسو باربا Alvarez Alonso Barba (1640). وإذا كان يوجد في نهاية القرن السابق أعمال كبيرة وقيّمة، فقد اختفت بمعظمها واستُبدلت بأعمال متوسّطة المستوى، سهلة القراءة ومزوّدة غالباً برسوم كثيرة. هكذا كان مثلاً مصير برنابي غودج Barnaby Googe (مجموعة كتب Four Books of Husbandry، 1577) الذي كان قد شكّك في الدور الجذري للزراعات المعزوقة والمروج الاصطناعية. هكذا يبدو القرن السابع عشر مجرّداً من النشاط التقني، ما يفسّر بطء التطوّرات، وعلى كلّ حال انعدام أيّ تحوّل مهمّ.

مؤخّراً وصف أحد مؤرّخي الزراعة القرن السابع عاشر بحالة «عوز إلى روح التجديد». هناك بعض الحركات التي استمرّت مثل تقدّم نبتة النضم واحتلالها لمكان الذرة البيضاء، ومثل انتقال الجنجل من القارّة إلى انكلترا حيث عرف انتشاراً ملحوظاً. ويبدو أنّ فلاندريا وهولندا بدأتا ذلك العصر بعمليّة تطوّر أصبحت فيما بعد ثروة القرن الثامن عشر، الزراعات المعزوقة في الحقول، وظهور العديد من نبات الكلأ، مثل النفل والقضب. كذلك الأمر بالنسبة لصناعة السفن، فقد تطوّرت أشكال السفن وطرق قيادتها ببطء حتّى وصلنا إلى النتيجة الأكمل آنذاك وتتجسد عبر سفينة «سلطان البحر Sovereign of Sea» التي أنشأها بيت Pett (1637) وسفينة «التاج la Couronne» الفرنسية (1638). ولكن كانت تجري في الوقت نفسه الأبحاث الهادفة إلى إعطاء هذا الفنّ ركيزة علمية أكثر، ويشهد على هذا كتاب الأب فورنييه Fournier حول الهيدروغرافيا (1643)، وكتب كثيرة أخرى تعبّر عن الرغبة في الوصول إلى تقنية عقلانية. في انكلترا وضع أنطوني دين A. Deane كتابة حول مادّة الهندسة البحرية (1670)، وفي فرنسا وضع الأب بول أوست Paul Hoste نظرية في كيفية صنع المراكب (1697) فكان أوّل من قال بوضع مركز الثقل فوق مركز الضغط الهيدروستاتي (الهيدروستاتيكا هي علم توازن الموائع). الابتكار الوحيد في ذاك العصر كان حوض التدميم (إصلاح هيكل السفينة) الذي يسهّل إجراء التصليحات بدرجة كبيرة.

الوضع بالنسبة لتقنيات الاستثمار هو تقريباً نفسه. فنّ المناجم لم يتغيّر تقريباً البتة، وإذا قارنّا ما كتبه أغريكولا عند منتصف القرن السادس عشر مع ما كتبه موران Morand عند منتصف القرن الثامن عشر، نشعر بأنّ الطرق والوسائل بقيت ثابتة. يمكننا على الأكثر الإشارة إلى تمارين الميكانيك التي وضعها السويدي بوليم Polhem من أجل رفع مواد المناجم المكشوفة والعميقة. في مجال الصناعة الحديدية لا شيء نذكره باستثناء التحسين الذي جرى في بعض الآلات. بالنسبة لباقي الميادين، فإنّ التقنية التي عرضتها «موسوعة» ديدروه هي بالضبط نفس التقنية التي وُضعت عند نهاية القرن الخامس عشر.

إلاّ أنّ التصوّر التقني أو المخيّلة التقنية لم تكن معدومة تماماً، فقد شهد العديد من المجالات اختراعات جزئية أعطت التقنيات القديمة دفعة إلى الأمام. ونقتصر هنا على ذكر بعض الأمثلة. يبدو أنّ التقنيات الكيميائية قد تقدّمت بصورة ملحوظة انطلاقاً من منتصف القرن السابع عشر، دون أن يكون هناك تغيّر جذري. لقد ذكر مؤرّخ للكيمياء أنّه لم يكن هناك تغير في الطرق المستعملة بكلّ معنى الكلمة، بل تحسينات جرت بصورة عقلانية أكثر: هكذا بالنسبة لمادّة الشبّ ولمياه النار، كما بالنسبة للأملاح المعدنية. وظهر عدد من المركّبات المعدنية المفيدة للصباغة: البورق مثلاً، أو كلورور القصدير المعدّ لترسيخ اللون

القرمزي البرّاق. كما أدّى تحسّن صناعة الشموع والقناديل إلى إنارة أفضل: المعروف أنّه في فرنسا، عام 1697، تقرّرت الإنارة العامّة في كلّ المدن الكبيرة.

وهناك بعض التقنيات التي أظهرت حيوية مدهشة، حيث نتج عن بعض العمليات الصغيرة، الكثيرة والمتكرّرة، بداية نوع من المكننة. هكذا كان مثلاً بالنسبة لنسج الشرائط أو حبك الجوارب: كان الجورب يتطلّب من 150000 إلى 175000 زردة. كما يُقال إنّ النول ذا المقبض الذي وضعه عام 1604 فيليم ديريكسون فان سونفيلت Willem Dierickson Van Sonnevelt، ويعود أصله إلى هوندشوت Hondschoote التي كانت مركزاً نسيجياً كبيراً، كان يسمح بنسج عدد معيّن من الشرائط في آن واحد فقط بواسطة نول وعامل، وقد أمكن إنتاج أربع وعشرين شريطة عبر حركات متزامنة. لقد سبق أن ذكرنا نول لي W. Lee لحبك الجوارب (1589) والذي اعتمد مجدّداً في فرنسا بواسطة إندريه Hindret عند منتصف القرن السابع عشر، مع توزيعات معقّدة. بعد ذلك أصبحت العمليات متواصلة بفضل آلات تمويج الأقمشة، والمصاقل لتلميع الأنسجة الصوفية وآلات نسجها. إلاّ أنّ الحركات في آلة نسج الصوف لم تكن متزامنة. في مجال قصّ الأقمشة، أصبح إطباق القوى عمليّة سهلة: ويقال إنّ الآلة الجديدة أحدثت بعض الاضطراب في لايدن Leyde عام 1680. بينما كانت أفضل آلة التمويج، التي اعتمدت في تروا Troyes منذ سنة 1678.

إلى نفس السنة يعود تاريخ مشروع أوّل نول ميكانيكي للنسيج، وقد وضعه ضابط في البحرية من جين Gennes، وكتبت عنه «جريدة العلماء». لا شكّ في أنّ هذا النول استوحي من نول الشرائط ولكن لم يكن فيه عملية مطاردة للمكّوك. على أيّ حال يمكن القول إنّ التطوّرات كانت مهمّة، حيث انتقلنا من سلسلة من مشاريع قديمة، ورد عدد منها في دفاتر ليوناردو دافينشي، إلى أولى ملامح بداية القرن السابع عشر، كما عند زونكا Zonca، ثمّ إلى إنجازات منتصف القرن. هنا نرى الخطوط التكنولوجية مرسومة بوضوح.

بالنسبة لتقنيات الخرط فإنّ كلّ ما كان مجرّد افتراضات عند نهاية القرن السادس عشر أصبح واقعاً في القرن السابع عشر. من بيسّون Besson، سنة 1578، حيث ظهرت أولى الاسطوانات وأولى الكوّات الثابتة، إلى كتاب الأب بلوميه Plumier حول «فنّ الخراطة» (1693) نلمس تطوّراً واضحاً. وقد ظهرت آلة قطع الزجاج الكروي لدى الأب شيروبان Chérubin سنة 1671، كما وضع بيسّون Besson وراميلّي Ramelli، عند نهاية القرن السادس عشر، رسوم تشبيكات مخروطية. أمّا جيرار ديزارغ Gérard Desargues فقد تصوّر، في السنوات 1650-1660، الشكل الدويري لأسنان التشبيكات، فتبعه فيليب دولاهير Philippe de la Hire وكتب «دراسة حول الدويريات الفوقيات واستعمالها في الميكانيك»

(1694)، كما نشر في السنة اللاحقة «دراسة في الميكانيك» تلتقي ببعض نواحيها مع اهتمامات السلطة وأماني أكاديمية العلوم.

لقد ساهمت قوّة المركزية وتنظيم الخدمات العامّة بصورة أفضل، ربّما أكثر من الاختراعات التقنية، «بإدارة الأقاليم» الممتدّة على مساحة لم تكن معروفة قبلاً. لقد ذكرنا أحواض التدميم والأعمال المرفئية الكبيرة التي استلزمها تزايد حجم السفن. والمعروف أنّه خلال القرن السابع عشر ولدت فكرة الوصل بين الأحواض النهرية الكبيرة: منذ بداية القرن كانت قناة بريار Briare تصل بين حوضي اللوار Loire والسين Seine. عام 1626 بدأ التفكير بوصل الرين Rhin والموز Meuse. كما نشير إلى القناة الجنوبية (في فرنسا أيضاً) التي تصل ما بين بحرين مع ستة وعشرين هويساً من الأطلسي إلى مدينة تولوز Toulouse وأربعة وسبعين من ناحية المتوسّط، مع نفق أيضاً.

الشيء نفسه بالنسبة لمشاريع جرّ المياه الكبيرة. إذا كنّا استعملنا دوماً المضخّات الرافعة والدافعة الكبيرة، وهي الآلات الوحيدة من أجل الحصول على دفق معيّن للماء، فإنّ التحسين جرى بشكل خاص في ما يتعلّق بالأقنية. ويبدو أنّ أولى أقنية الحديد الصبّ (الآهن) قد وُضعت لجرّ مياه فرساي Versailles، بواسطة آلة مارلي Marly الرافعة، وحلّت مكان الأنابيب الخشبية أو الخزفية. إلاّ أنّه بقيت مشكلة صعبة الحلّ هي مشكلة نقل الطاقة من مسافات بعيدة. عند نهاية القرن السادس عشر كان الإسباني توريانو Turriano قد ابتكر أواليات قائمة على متوازيات الأضلاع المترابطة، وهي طريقة استعادها السويدي بوليم Polhem عند بداية القرن الثامن عشر. وقد نظر سالومون دوكوس Salomon de Caus في بعض الحلول الممكنة ولكنّه لم يتوصّل إلى تطبيقها عملياً، أمّا بيكار Picard فقد وضع عام 1675 طريقة سهّلت إلى حدّ بعيد عمليّة شقّ الأقنية. وكم كان التردّد كبيراً في اختيار حلّ ضمن حلول عديدة من أجل جرّ مياه فرساي.

أمّا الاختراعات الأساسية الحقيقية فلا نجدها ربّما إلاّ في صناعة الساعات، حيث ارتبط اسم هوغينز Huygens بالرقّاص، معتمداً مبدأ تواقت الاهتزازات الصغيرة (1657)، ثمّ اللولب الضابط (1675) الذي ضاعف الدقّة خمس مرّات.

في الواقع شهد القرن السابع عشر إطلاق تقنيات وأفكار عصر النهضة وعاش عليها، حيث نجد، عوضاً عن التجديدات، «تحسينات»، وتطويرات، وإيضاحات وتنفيذاً لأفكار كانت موضوعة. إنّ «موسوعة» ديدروه Diderot ودالامبير d'Alembert تمثّل نوعاً ما (لا سيّما بالنسبة لمكنة البخار، ونجدها في طيّات باب «النار») تقنيات العصر الكلاسيكي هذه، ويمكننا عند قراءتنا لها أن نقدّر الحدود التي وصل إليها النظام التقني ذلك العصر. كما نرى

كم كان استعمال الساعد ـ الرائد قليلاً في مختلف الآلات، ونشعر بصعوبات إنتاج الطاقة ونلاحظ استقرار جهاز الأدوات الصغيرة على ما هو. وقد ذكر دالامبير في مقدّمته أنّ «يد الحرفي هي كلّ شيء». إذا كان بحث الموسوعيين قد جرى في «المحارف» فإنّ نتيجة عملهم لم تقدم لنا صورة عن تحوّل عميق بل انعكاساً لما كان تقليدياً ويمثّل النظام السابق. أمّا فكرة تطوّر تقني، فكرة نظام تقني جديد، فقد كانت بعيدة كلّ البعد عن هذه الموسوعة الغنية جداً بالمعلومات من ناحية أخرى.

التقنية الكلاسيكية هي تقنية تعداد سكّاني ثابت، إنّها أيضاً تقنية عالم محدود، منطو على ذاته. الضغط الديموغرافي الذي نشأ بعد الثلث الأوّل من القرن الثامن عشر، والتوسّع الخارجي، ليس بشكل استثمار بل بمعنى فتح أسواق جديدة، أدّيا إلى تغيّرات تحمل التطوّر في طيّاتها.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

إنّ تاريخ تقنيات العصر الكلاسيكي لم يُدرس بشكل جيّد، وإذا كان البحث في بعض القطاعات قد ذهب إلى أدقّ التفاصيل فإنّ أجزاء أخرى من هذا التاريخ قد بقيت طيّ الكتمان.

هناك أعمال حاولت تحديد المسألة برمّتها:

أ. ميلتي A. Mielzi، «La Eclosion del Renacimiento»، مدريد، 1951.

ج. نيف J. U. Nef، «La Naissance de la civilisation industrielle»، باريس، 1954.

ج. راي - باستور Rey - Pastor، «La Ciencia y la tecnica en el descubrimiento de America» بونيوس أيرس، 1945.

أ. وولف A. Wolf، «History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Century»، لندن، 1950.

جرت العادة على تجزئة المرحلة إلى جزأين. بالنسبة للفترة الأولى نذكر:

ب. جيل B. Gille، «Les Ingénieurs de la Renaissance»، باريس، 1967.

ب. بارسنز W. B. Parsons، «Engineers and Engineering in the Renaissance»، بالتيمور، 1939.

بين الفترتين:

ج. لوجون J. Lejeune، «La Formation du capitalisme dans la principauté de liège» لياج، 1939.

ج. نيف J. U. Nef: «The Progress of Technology and the Growth of Large Scale Industry try in Great Britain, 1540- 1640»، ضمن «Essays in economic History»، الجزء الأوّل، شيكاغو، 1954.

بالنسبة للقرن السابع عشر:

ب. جيل B. Gille «Les Problémes techniques au XVIIᵉ siècle»، ضمن «Techniques et civilisations»، ص. 177-206 باريس، 1954.

بشكل عام لم تُدرس الاختراعات بصورة واضحة. يمكننا أن نرجع إلى :

ج. دورمان G. Doorman «Patents for Inventions in the Netherland»، لايدن Leyde، 1942.

م. فرومكين M Frumkin، «Les Anciens Brevets d'invention en Europe au XVIIᵉ siècle» ضمن «Annales internationales d'Histoire des Sciences» 1954، ص 315.

وحول مسائل خاصّة:

ب. جيل B. Gille «La Naissance du système bielle- manivelle»، ضمن «Techniques et civilisations»II ص 42-47، باريس، 1952.

ج. بيليزي J. Pilisi، «Al'aube du XVIIᵉ siècle: l'invention du mètier à la barre, amorce de l'ère des machines»، ضمن «d'Industrie textile»، 1961.

بالنسبة للتقنيات الصناعية:

أ. كلودان «Histoire de l'imprimerie en France aux XVᵉ et XVIᵉ siècles»، ثلاثة مجلّدات، باريس 1900-1904

ل. فيفر L. Febvre و هـ. - ج مارتان H. - J. Martin «L'Apparition du livre»، باريس، 1971.

ب. جيل «Les Origines de la grande industrie métallurgique en France»، باريس، 1947.

أ. و. هولم Hulme، «English Glass Making in the Sixteenth and Seventeenth Centuries»، ضمن «Antiquary» XXX، 1964.

ج. نيف J. U. Nef «The Rise of the British Coal Industry»، لندن 1966.

إنّ العائق الأكبر الذي يواجه مؤرّخ تقنيات ذلك العصر هو غياب قوائم بيبليوغرافية تشير إلى الدراسات التقنية المنشورة. الواقع أنّه وضعت هذه القوائم بالنسبة لبعض القطاعات (الزراعة، صناعة الساعات، الفن العسكري، الصيد) ولكنّها كانت تفتقر إلى الدقّة العلمية. وقد وضعت قائمة تغطّي المرحلة الممتدّة من بدايات الطباعة حتّى العام 1789. ونذكر كمثل: هـ دولاكروا H. de Lacroix «The Literature on Fortification in Renaissance Italy»، ضمن «Technology and Culture»، 1963، ص 30-50.

الفصل الثامن

الثورة الصناعية

«الثورة الصناعية» عبارة سمعناها مراراً وتكراراً حتّى أصبحت معبّرة بحدّ ذاتها، مميِّزة لحقبة معيّنة من حقبات التاريخ البشري، حيث وُلِد نظام تقني جديد كان أحد العناصر المهمّة لنموّ اقتصادي جديد. بدأت هذه الظاهرة تُلاحظ في انكلترا انطلاقاً من نهاية القرن الثامن عشر، وفي البلاد الأوروبية الأخرى في تواريخ تمتدّ من السنوات 1825-1830 حتّى السنوات 1850-1860. ويبدو أنّ هذا التحديد ينطبق مع الواقع.

إنّ بعض المؤرّخين المعاصرين، الذين اعتادوا ربّما على الخلط بين ثورة صناعية وثورة تقنية، يعتبرون أنّ التطوّر التقني ذلك العصر كان استمراراً لما سبق وأنّه لم يكن هناك من ثورة تقنية بمعنى أنّها عبارة عن تحوّل مفاجىء. نحن نعتبر أنّ الأمر هنا هو لعب على الكلام؛ إذا اعتبرنا تاريخ التقنيات مجرّد تعداد للاختراعات، فالبحث يبدو بالطبع مستمرّاً متواصلاً، أمّا إذا وضعنا، كما حاولنا أن نفعل، جدول التطوّرات التي تحقّقت خلال القرن الثامن عشر، نلاحظ أنّ الصناعات الرئيسية، وليس الطريقة كذا أو الآلة كذا منعزلتين، قد أكملت تنفيذ تقنياتها الجديدة نحو السنوات 1780. من جهة أخرى من البديهي أن يكون حوالي هذا التاريخ أيضاً قد تحقّق توازن بين التقنيات المترابطة بالضرورة. إذن فقط بعد ذلك التاريخ، 1780، أخذت التقنيات الجديدة قيمتها الحقيقية: وقد شاهدنا ظاهرة مشابهة في الفترات التي تناولناها سابقاً. يجدر النظر إلى المظهر العام عند التكلّم عن الثورة الصناعية، وليس إلى مجرّد تراكم لأحداث خاصّة.

ليس المقصود هنا أن نشرح بالتفصيل التقنيات الجديدة ومرحلة تكوّنها البطيئة (ولا ننقص من أهمّية هذه الأبحاث)، بل سنركز أكثر على شروط التحوّل وظروفه، على نواحيه الأساسية والكلّية، وعلى نتائجه. وقبل كلّ شيء، لأنّنا نتناول التاريخ، يلزمنا تأريخ موجز للمراحل نعتمد عليه كإطار لبحثنا.

إنّ الركود الاقتصادي الكبير، الذي يحدّد المؤرّخون بدايته في الثلث الثاني من القرن السابع عشر، تتابع على مدى قرن تقريباً وفقط بين السنتين 1730 و 1750 ظهرت الظروف الملائمة مجدّداً. وتراجع استيرادات المعادن الثمينة بعد سنة 1640 وتدنّي الأسعار طويلاً هما ظاهرتان معروفتان جدّاً.

في ما يتعلّق بفترة عودة الظرف الملائم ما يزال هناك بعض التردّد، وهذا أمر طبيعي جدّاً عند وجود قطاعات مختلفة، ومناطق أو بلدان مختلفة. بأيّ حال لم تصبح الانطلاقة ملموسة فعلاً إلاّ بعد سنة 1770، كما لم تصبح واضحة إلاّ بعد سنة 1780 أو حتّى 1800.

توازياً مع هذا، يمكننا تمييز مواقف عديدة لها أهمّيتها على الصعيد التقني لأنّها أساس سياسة تقنية معيّنة.

هناك موقف يمكن تسميته بالموقف الثابت: أصدق مثل عليه هو سياسة كولبير Colbert. الموقف الثابت يعني، على الصعيد العالمي، مستوى ثابتاً في الكمّيات (إن بالنسبة للتعداد السكّاني أو بالنسبة للإنتاج). إذن لا يمكن للسياسة الواقعية أن تؤدّي إلاّ إلى تعديلات في توزيع هذه الكمّيات، وهذا يعني أنّه لم يعد هناك مجال لأيّ تطوّر تقني. السياسة الفعّالة الوحيدة تقوم على تحسين ما يوجد، أي على دفع التقنيات الموجودة نحو تقدّمها واكتمالها، وعلى الاستيراد من الخارج التقنيات المتقدّمة التي يملكها. وقد رأينا أنّه بخلاف بعض الاستثناءات، مثل الاستثناءات التي ستحضّر التحوّل اللاحق، كانت هذه السياسة وراء تأسيس الصناعات ذات الامتياز.

إضافة إلى هذا ومن حيث إنّ تدنّي الأسعار يضع العوائق أمام المقاولين والملتزمين من أيّ نوع كانوا، هناك بحث عن تخفيض التكاليف يمرّ حتماً عبر التطوّر التقني.

هذا الموقف الأخير تعزّز بواسطة ظاهرتين أخريين مهمّتين يبدو أنّهما لعبتا دوراً لا يستهان به، ظاهرتين تستحقّان الدراسة والأبحاث الدقيقة.

تتعلّق الأولى بنفاد بعض المواد الأوّلية التي كانت أساس أنظمة تقنية موجودة مسبقاً. ويكفي أن نذكر أزمة الأخشاب التي عانى منها بعض البلدان لا سيّما انكلترا.

الظاهرة الثانية هي الانقلاب الذي حصل في السياسات الاستعمارية. إذ لم نعد بصدد استخراج موارد العالم من أجل البلدان المتقدّمة اقتصادياً، بل بصدد فتح أسواق استهلاكية جديدة. والتوسيع كان مضاعفاً من حيث انّه يتعلّق باكتشافات القرون السابقة من جهة، وبخلق امبراطوريات استعمارية جديدة من جهة أخرى. بهذا الصدد تأخذ معاهدة أوترخت Utrecht، عام 1713، أهمّية كبيرة وأساسية.

كلّ هذا كان يستلزم عمليّات تكيّف متتالية أدّت إلى نظام تقني جديد. وللوصول إلى توازن مرض كان تراكب التقنيات في ما بينها يتطلّب إيضاحات متلاحقة، اختراعات وتجديدات متسلسلة، واندماج الاختراعات القديمة التي لم تجد مكاناً لها في الأنظمة التقنية السابقة. وقد سبق أن لاحظنا أنّ النظام التقني ليس فقط ثمرة اختراعات عصره بالذات بل أيضاً نتيجة إنجازات سابقة.

الظروف المرافقة

كما فعلنا بالنسبة للعصور الأخرى، رأينا من الواجب أن نحاول ذكر ما رافق تاريخ التقنيات من ظروف، وهي تلازمات أو معاصرات نجدها معبّرة أكثر من البحث عن أسباب افتراضية، لما تحمله السببية أكثر الأحيان من معنى مزدوج. وإذا كنّا نبدأ بها فهذا لا يعني أنّنا نفضّلها عن باقي النواحي أو أنّنا نقرّ بأنّها الباعث على التطور التقني. مكانها هنا هو فقط من أجل سهولة العرض.

لقد استُنتجت كلّ أنواع الاستنتاجات من الحركة الديموغرافية. في إنكلترا نلاحظ بالإجمال ارتفاعاً في عدد السكّان واضحاً بشكل خاص في النصف الثاني من القرن الثامن عشر: خمسة ملايين ونصف المليون سنة 1700، ستّة ملايين ونصف سنة 1755، تسعة ملايين سنة 1800.

بالنسبة لفرنسا تختلف الآراء ويقول البعض بتزايد سكّاني كبير حصل كذلك خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. ويرى البعض أنّ الفترة الممتدّة من سنة 1750 إلى 1770 قد سدّت الثغرات التي أحدثها القرن السابع عشر الرديء وأنّه لوحظ في العقود الأخيرة من النظام القديم ركود ديموغرافي، لا بل نقص في بعض المناطق. في البلاد الأخرى، مثل إسبانيا أو ألمانيا، بقيت الصورة التقليدية للنموّ السكاني، ولكن دون دراسات معيّنة نفت أو أكّدت هذا الرأي.

الأسباب الكامنة وراء هذه الحركات التي تترجم بالأرقام تزايداً للسكّان خلال القرن الثامن عشر ليست محدّدة كما يجب، إلاّ أنّه على ما يبدو يجب التركيز على انخفاض نسبة الوفيّات، وهو نقطة مهمّة لا سيّما من ناحية تطوّر التقنيات.

لكنّ دراسة السكّان لا يجب أن تقتصر على مجرّد بحث كمّي، فالتوزيعات أيضاً لا تقل برأينا أهمّية. يعطينا التوزيع حسب الأعمار نسبة القادرين على العمل: وهنا تظهر أهمّية انخفاض نسبة الوفيات. هناك أيضاً التوزيع المهني. يُحكى أحياناً مثلاً عن فترة من فترات

إنكلترا طُرد فيها الفّلاحون من الأرض عند إقامة تسييجات الملكيّات وتحوّلوا لبذل جهودهم في مجال الصناعة مساهمين بذلك بانطلاقتها السريعة. يبدو أنّ الواقع لم يكن بهذا الوضوح أو بهذه البساطة، ولكن لا ننكر أنّه عندما لا تكون التقنيات قد وصلت بعد إلى منتهى تطوّرها قد تلزمها كمّية كبيرة من العمّال لسدّ النقص التقني في مرحلة من مراحل الصنع. وحتّى لو لم تكن حركة إخلاء الريف منهجيّة كما قيل، فربّما كانت كافية لسدّ الحاجات. من جهة أخرى لا شك في أنّ التزايد السكّاني يدعم التطوّر التقني: هذا التطور الذي قد يعيقه كما رأينا ارتفاع بالغ في عدد السكّان.

أمّا بالنسبة للحركة الإقتصادية فلن نذكر الكثير حيث هناك العديد من الدراسات الممتازة التي تعفينا من هذه المهمة.

الأمر اللافت، من خلال دراسات حديثة، هو أنّ منحنيات الحركة الاقتصادية مأخوذة بمجملها ترتفع جميعها بحدّة بين السنتين 1730 و1760، أي في الوقت الذي يقع فيه قسم مهمّ من مجهود التجديد التقني، حتّى قبل أن يبدأ مفعوله بالظهور. نستنتج إذن أنّ النهضة الإقتصادية تسبق حتماً تكونّ النظام التقني الجديد: تُظهر لنا أعمال ف. دين Ph. Dean و أ. كول W.A. Cole تغيّراً مفاجئاً في النزعة انطلاقاً من سنة 1730، أي في تاريخ لم يكن بعد قد ظهر فيه أيّ اختراع كبير أو مرّ إلى مرحلته الإنتاجية، وهذا ما يقودنا إلى التفكير أنّه، على الأقلّ في مرحلة معيّنة من مراحل التطوّر، يوجد نوع من إقلاع مسبق يتطابق مع الإنطلاق الديموغرافي وظواهر أخرى، وتحوّل تقني غير ملموس. بعد هذا فقط يأتي التحوّل التقني الحقيقي وانطلاق النموّ الفعلي. ألم يكن الأمر كذلك عند نهاية القرن الخامس عشر، قبل التوسع الكبير خلال القرن السادس عشر؟ في الحقيقة، قد يكون من الضروري متابعة البحث ضمن هذا الاتجاه.

بالطبع تجدر الإشارة إلى التزايدات الكمّية ولكن تتعيّن أيضاً دراسة التعديلات النوعية. إنّ إنتاج العقود الأولى من فترة النموّ الاقتصادي الكبير لم يعد على ما كان عليه في البدء ويعود هذا جزئياً إلى التطوّر التقني.

كلّ تطورّ تقني هو عامل من عوامل الاستثمار، إذن يجب بالضرورة أن يكون مسبوقاً بتكوّن لرأس المال. وبفضل ثبات العملة نسبياً، خلال الثلث الأوّل من القرن، تمكّنت بعض البلدان من الاغتناء: إنها بصورة خاصّة حالة إنكلترا، وبدرجة أقلّ حالة فرنسا. يصعب تقدير مدى هذا الاغتناء، ولكن لا يكفي أن يكون هناك ثراء عام، بل نحتاج أيضاً إلى تراكم رأس مال في أيدي المستثمرين. هنا أيضاً تصعب الإحاطة بالأواليات المتّبعة: المعروف أنّه مازال

يدور جدال بين أنصار تجميع من النوع التجاري، وربّما كانت هذه حالة إنكلترا، ومؤيدي تجميع من النوع العقاري، وربمّا كانت هذه حالة فرنسا. نكتفي فقط بطرح المسألة، لا سيّما أنّ حلّها هامشي بالنسبة لبحثنا ولكن سوف نرى أنّه ينعكس على المسلك التقني لدى شعب كلّ من البلدين.

كلّ هذا لا يكفي لتفسير حركة معقّدة نوعاً ما. في الواقع يُترجم الاستثمار عبر أواليات قضائية، ومن حيث أنّ النظام التقني الجديد يغيّر بالضرورة في حجم المؤسسات فأنّ طبيعتها القضائية تتطوّر هي أيضاً. لعدم تقيّدها الشديد بالشكليات، تمكّنت إنكلترا من التكيّف بسرعة. أمّا فرنسا، الأكثر تقليدية، فلم تتكيّف إلا بالخروج عن القانون (من هنا الولادة غير الشرعية للشركة المغفلة بالمعنى الحديث للكلمة) أو بمحاولة تعديله (مشروع ميرومينيل Miromesnil منذ نهاية القرن الثامن عشر).

لن نركّز أكثر على هذا المظهر الخارجي للتطوّر التقني، إلاّ أنّه كان يجب تحديد المسائل المرتبطة به من أجل فهم بعض الأحداث.

بسبب الافتقار إلى الدراسات الدقيقة، يصعب تحديد موقع إنسان القرن الثامن عشر الأوروبي تجاه التقنية. كما أنّه لمن الصعب طرح المسألة بسطور معدودة.

لتوضيح الصورة يمكننا أن نقابل بين،موقعين متعارضين. من جهة موقف «موسوعة» ديدروه Diderot التي كرّست للاهتمامات التقنية المكان الذي نعرفه، وسنعود إليها لاحقاً. ومن جهة أخرى كون آدم سميث Adam Smith لم يُعر، عند بدايات المدرسة الإنكليزية الكلاسيكية، سوى اهتمام ضئيل للمسائل التقنية وانعكاسها على الإقتصاد: لقد أشار على الأكثر، خارج نطاق صورة تقسيم العمل الشهيرة، إلى أن بإمكان «أسرار الصنع» أن تغيّر الأسعار بمنحى عن العرض والطلب. من جهة نرى الحكّام، بكونهم مركنتيليين ممتازين، يؤثرون معظم الأحيان في صالح التطور التقني؛ ومن جهة أخرى يبدو لنا السكّان غير مهتّمين نوعاً ما بالتحوّلات الجارية.

بعبارة أخرى يبدو أنّ الإهتمام بالتطوّر التقني لم يكن موجوداً إلاّ عند مجموعات صغيرة من الرجال المتواجدين، حسب البلد، ضمن بيئات متنوعة. في إنكلترا، رغم كلّ ما كتب عن الموضوع، كان التطوّر التقني نتيجة عمل رجال ملتزمين بالإنتاج أو قريبين منه. إنّ العدد الأكبر من الاختراعات وضعه مقاولون أو رؤساء عمّال، وأحياناً صانعو آلات، نجّارون أو أصحاب اختصاصات أخرى. وأفضل مثل على هذا هو سلالة داربي Darby في مجال الصناعة الحديدية، أو الاتحّاد بين مقاول كبير هو بولتن Boulton مع عامل ميكانيكي

موظّف لدى جامعة غلاسكو Glasgow، هو واط Watt، أو أيضاً أسرة ويلكنسن Wilkinson في ميدان الآلة ـ الأداة. ونجد أمثلة شبيهة جدّاً في مجال الصناعة النسيجية. وإذا التقنيا بالصدفة باسم كاهن ضمن لائحة أسماء المخترعين، يكون كاهناً مارس خدمته في منطقة صناعية حيث لم يكن بامكانه البقاء بعيداً عن بعض المصاعب التقنية. ما يميّز هذه المرحلة من تاريخ التقنية الإنكليزية هو الميزة الفردية للمجهود. ربّما كان بولتن وويلكنسن الحالتين الوحيدتين اللتين تمثّلان بحثاً تقنياً قام في كنف مؤسسة كبيرة.

في فرنسا بالعكس، كان العمل يبدو جماعياً ومنهجياً أكثر، ويعود هذا بشكل أساسي إلى نقص معيّن في ديناميكية المقاولين كان يجب التعويض عنه بواسطة سياسة حكومية. وأفضل مثل نقدّمه هو نصّ كتبه تورغوه Turgot، سنة 1773، ولم يثر الكثير من الاهتمام:

بعد التحرر الكامل من كلّ أنواع الرسوم على الصناعات، النقل، البيع واستهلاك المواد الغذائية، إذا كان هناك من شيء تقوم به الحكومة من أجل تشجيع تجارة معيّنة، فإنّ هذا لا يتمّ إلاّ عن طريق التعليم، أي بتشجيع أبحاث العلماء والحرفيين الذين يسعون إلى تحسين الفنّ، وخاصّة بنشر معرفة الطرق التي يحاول جشع البعض أن يبقيها سرّاً.

لقد استعيدت على نطاق واسع، وكان تورغوه يركّز على هذا الأمر، سياسة كولبير التي كانت تقوم على استيراد التقنيات المتقدّمة من الخارج: هكذا شُكِّلت بعثات عديدة إلى إنكلترا بالطبع، ولكن أيضاً إلى بلاد أخرى مثل ألمانيا وبلاد الشمال.

إنّ هذا الدور الجماعي للحكومة تُرجم، كما تمنّى تورغوه، عبر إنشاء تعليم تقني حقيقي بهدف تكوين كوادر تقنية للدولة، ولكن حصل أن تخطّاه دور الدولة نفسه في تنمية التطوّر التقني. إنّ بلداً مركزياً كان بالطبع يحتاج إلى ملاك تقني من أجل إتمام بعض المهمّات الخاصّة، ولا يمكن لملاك تقني كهذا أن يأتي ألاّ عبر تأهيل عملي للعملاء المكلّفين بتنفيذ هذه المهمّات، ومن هنا ولدت المدارس التي أصبحت اليوم معروفة جدّاً: الجسور والطرقات، وهي مدرسة ولدت من مجرّد مكتب رسّامين، وأيضاً مدارس لتقنيات الجيش (هندسة، مدفعية، صانعو السفن). كذلك، من أجل مراقبة تطبيق أنظمة وقوانين صناعية كثيرة وصارمة، تمّ تشكيل جهاز لتفتيش المصانع. كلّ هذه المؤسسات كانت يافعة منذ عهد كولبير، لكن سرعان ما أصبحت تهتمّ بالصناعة وبهدف الحصول على الجودة زاد اهتمامها بالتقنية. أفضل مثل هو إنشاء مدرسة المناجم عند نهاية القرن الثامن عشر، وهي مدرسة لا تُعنى بتشكيل لجنة مراقبين وحسب، بل أيضاً بتحسين المعلومات التقنية لدى مستثمري المناجم.

حتماً اتّجهت الكوادر التقنية ومراقبو الدولة نحو التطوّر التقني. وإذا كنّا نفكّر بأنّ مفهوم الموظّف كان ما يزال مبهماً، فإنّنا ندرك بسهولة هذا التدخل بين ممثلي الدولة والقطاع الخاص الذي نلمسه خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وكان هناك عدد لا يُستهان به من مراقبي المصانع الذين انبثقوا عن هذا القطاع الخاص، وكانوا يأبون لتمضية مهمّات مرحلية لدى الدولة. في عالم صناعي قلّما يهتمّ بالتطوّر التقني، كان تدخّل الدولة عاملاً أساسياً من عوامل هذا التطوّر. لقد كان هذا الوضع قائماً في العديد من البلدان الصناعية الأخرى: نذكر ألمانيا حيث أقيمت مدرسة للمناجم في فرايبرغ Freiberg منذ بداية القرن الثامن عشر؛ كما نذكر السويد والنمسا.

هذه الخلافات ظهرت أيضاً في ميادين أخرى. تعطينا الكتابات التقنية صورة واضحة عنها؛ إنّ القوانين الصناعية الفرنسية تتعلّق بالتقنية كم تتعلّق بالإقتصاد أو بالشؤون الإدارية، لهذا كان من الطبيعي أن يتمّ تقنين الخطوات التقنية ممّا أنتج دراسات تعلّم القواعد التطبيقية الصحيحة: سوف نرى كم كانت هذه الفكرة منهجية. أمّا إنكلترا، وكانت عملّية أكثر، فقد سلّمت الأمر لتقنية أصحاب الخبرة ومخيّلتهم. لم تنتج إنكلترا القرن الثامن عشر سوى دراسة تقنية واحدة، ولكن مهمّة، هي «Horshoeing Husbandry» التي وضعها جيثرو تول Jethro Tull ونشرت للمرّة الأولى عام 1731. وقد أشير إلى أنّه إذا هذا الكتاب يلفت إلى أهميّة بعض الزراعات، كالشمندر، الإيدوصارون أو القضب، «فإنّه لا يعطي، كما ذكر أ. ج. بورد A.J. Bourde، أيّ فكرة عن إمكانية إدخالها ضمن بنيات زراعية قيد التحوّل». إنّه لا ينظر إليها إلاّ كزراعات ثانوية، خارجة عن الإيقاعات الزراعية التقليدية، ولكن محميّة من المرور والارعاء العمومي. إلاّ أنّه يجب أن نذكر أنّ إنكلترا عرفت دوماً هذا النوع من الدراسات في مجال الزراعة. ولكن أليس مستغرباً أن لا تكون إنكلترا قد أنتجت، في العصر الذي نتناوله هنا، أي دراسة عن صناعة السفن؟

بالمقابل كانت فرنسا تغرق في بحر من الكتابات التقنية، متفاوتة المستوى. في الواقع اتُّبعت الطريق التي افتتحها كولبير فلم يكن همّ الدراسات أن تتبيّن التطوّرات، بل أن تحسّن ما يوجد، كما قلنا، وأن تضع قواعد تقنية لا يجب الخروج عنها. هذا ما كان عليه مظهر «موسوعة» ديدروه في جزئها التقني. حتّى أنّ «تمهيدها» يبدو وكأنّه كان يعترف باستحالة أدب تقني معقلن، وتكنولوجيا لم تكن سوى عبارة عن مجرّد وصف.

اليد العاملة هي التي تصنع الحرفي وليس في الكتب تتعلّم اليد أن تعمل. فقط سيصادف الحرفي في كتبنا رؤى قد لا يكون مرّ بها ومشاهدات قد لا يكون قام بها إلاّ بعد

سنين طويلة من العمل. سنقدّم للقارىء ما قد يتعلّمه من حرفي يعمل لأجل إرضاء فضوله؛ وللحرفي ما قد يتمنّى أن يتعلّمه من الفيلسوف لأجل تقدّمه نحو الكمال.

قد يكون من المفيد أن نعرف بالضبط مدى الأصالة والابتكار في «الموسوعة» بالنسبة للاقتباسات العديدة التي أخذت عن أدب تقني كان يُرفض بازدراء، دون أن نأخذ بعين الاعتبار سلب لوحات أكاديمية العلوم. إنّ ما تتميّز به «الموسوعة» هو أنّها وضعت جدولاً جامعاً للمعارف تندرج فيه التقنية. إنه تقريباً نفس الطرح الذي قامت به أكاديمية العلوم من خلال «وصف الفنون والمهن» الذي بدأ العمل عليه عند نهاية القرن السابع عشر، ولكن الذي بقي مذ ذاك معطّلاً. إنّ ظهور «الموسوعة» قد أعطى الباعث الضروري. ظهر المجلّد الأوّل، «فنّ الفحّام»، عام 1761. ولكن أليس أمراً معبّراً أن نشير إلى أنّه كانت تُنشر مجلّدات محضّرة منذ وقت طويل ولهذا وجدت نفسها متخلّفة عن التطوّر التقني الحاصل (نفس الشيء بالنسبة «للموسوعة»، من حيث أنّها اكتفت بنسخ أعمال قديمة نوعاً ما)؟ بين العامين 1761 و1788، صدر ثمانية وسبعون مجلّداً حول التقنيات الأكثر تنوّعاً. في الواقع بضعة منها كانت تتناول تقنيات صناعية، والكثير كان يتعلّق بتقنيات حرفية؛ بعضها كان يعالج مجمل تقنيات صناعة معيّنة؛ البعض الآخر كان يتعلّق بتقنيات خاصّة. بالطبع كانت المجلّدات الأولى تقليدية جدّاً، في حين أنّ الأخيرة كانت تأخذ بعين الاعتبار التطوّر التقني الحاصل. المجموعة الكبيرة الأخيرة رأت النور عند نهاية القرن الثامن عشر ولم تنته إلاّ عند بداية القرن التاسع عشر، إنّها «الموسوعة المنهجية»: هناك سلسلتان تهمّاننا هما «الفنون والحرف الميكانيكية» (1783 - 1791) و«صناعات، فنون ومهن» (1784 - 1790). يمكننا أيضاً الحصول على معلومات قيمّة في المجلّدات العلمية. هذه الطبعة الجديدة تثني على «موسوعة» ديدروه وتكرّمها، وتنتقدها في الوقت نفسه. إنها في الواقع عبارة عن تجميع ومراجعة للمجموعات السابقة: كذلك أمكن فيها إدراج كلّ التطور التقني الذي كان حصل لتوه في إنكلترا.

عند دراسته هذه المجموعات فقط، لا يأخذ مؤرخ التقنيات فكرة إلاّ عن حالة معيّنة للتقنية هي بالضبط الحالة التي سبقت التحوّل التقني الكبير خلال القرن الثامن عشر. إلاّ أنّه يجب ملاحظة أعمال كثيرة إلى جانبها. أحد الكتّاب الأغزر، والأجدر أيضاً، كان دوهاميل دو مونسوه Duhamel du Monceau وكان مراقباً في البحرية ذا ذهن موسوعي فعلاً. عدا عن المجلّدات السبعة عشر التي قدّمها دوهاميل لمجموعة أكاديمية العلوم، فإنّه نشر أهمّ الأعمال في علم الزراعة الفرنسي، «دراسة في زراعة الأراضي» (1756)، وهو اقتباس عن

تول Tull، و«عناصر الزراعة» (1762)، ثمرة تجاربه الشخصية. لقد حوّل أرضه في دونانفيلييه Denainvilliers، في منطقة غاتيني Gâtinais، إلى مختبر زراعي حقيقي. لقد جعل منه عمله في البحرية اختصاصياً في الأخشاب كما نلمس من خلال كتابه «دراسة في الأشجار» (1755)، كما ألّف «عناصر الصناعة البحرية» (1752) الذي اعتمدته مدرسة بناء السفن المؤسسة سنة 1765 أساساً لها. كلّ هذه المعلومات تدلّنا على عمل غني كانت له أهمية كبرى في العالم التقني الفرنسي.

إذا عكسنا المسألة وأخذنا تقنيّة معيّنة نلمس، تحت شكل آخر، هذه الغزارة في الأدب التقني. لقد شهد القرن السابع عشر اثنتي عشر دراسة في صناعة السفن معظمها كان على أهميّة كبيرة. وكانت هذه التقنية مادّة لست عشرة دراسة خلال القرن الثامن عشر. كان كتاب الهولندي فيتسن Witsen (1671) بقي لفترة طويلة أساس المعلومات الضرورية، وفي بداية القرن الثامن عشر، عام 1714، وضع برنولي Bernoulli أوّل نظرية عن السفينة؛ تبعه أولر Euler عام 1749. إلى جانب هذا هناك تقنيون جيّدون أعطونا في الوقت نفسه الطرق التقليدية وقابلوها مع النظرية. هكذا مثلاً بالنسبة لبوغيه Bouguer (1727 و1746)، ولدوهاميل الذي ذكرناه (1752)، وللسويدي شابمان Chapman (1768) وللفرنسي فيال دو كليربوا Vial de Clerbois (1776).

تلزمنا صفحات بأكملها كي نعطي فكرة كاملة عن الأدب التقني خلال القرن الثامن عشر. توجد أعمال شهيرة تغطّي كلّ الصناعات تقريباً، الصناعات التقليدية كما الصناعات التي تغيّرت كلّياً بفعل تقنياتها: سويدنبورغ Swedenborg، بوشو Bouchu وكورتيڤرون Courtivron بالنسبة للصناعة المعدنية، موران Morand بالنسبة للمناجم، برتو Berthoud بالنسبة لصناعة الساعات، مونج Monge بالنسبة لصناعة المدافع، بيليدور Belidor بالنسبة «لعلم المهندس» وللهندسة المعمارية الهيدرولية. يجب أن نذكر أنّ مساهمة فرنسا في هذا الأدب كانت مهمّة، دون شك للأسباب التي أوردناها أعلاه. نذكر كذلك السويديين والألمان بالنسبة للمناجم والصناعة المعدنية، والهولنديين بالنسبة لبناء السفن. ونكرّر أنّ وضع جردات تحليلية لهذه الكتابات قد يكون قيّماً جدّاً.

لقد قُدّر لنا أن نلاحظ مراراً وتكراراً الروابط الوثيقة الموجودة بين العلم والتقنية، فالعلم عند بداياته، أو أثناء تحوّلات أساسية، يحتاج إلى ركن تقني يقدّم له في الوقت نفسه المسائل المطلوب حلّها وإمكان إجراء التجارب بالمعنى الواسع للكلمة. كذلك من البديهي أن تكون التقنية، في مرحلة معيّنة من تطورها، بحاجة إلى مفاهيم علمية من دونها تصطدم

بالعوائق وتقتصر على كونها مجرد وصف لحالات خاصّة. لقد أظهرت دراسات م. دوما M. Daumas مدى استفادة العلم من التقنيين لصنع أجهزة متنوعة. من جهة أخرى كان من المستحيل وضع مكنة البخار، على الأقلّ في أشكالها الأولى، دون معرفة الضغط الجوّي. ليس المقصود أن نفضّل أحد النشاطين عن الآخر، ولكن أن نشير أيضاً إلى التلازمات والتأثيرات المتبادلة والتي قد تدفع أو تعيق تقدّم كلّ منهما.

إلاّ أنّه لا يجب أن نقع في الخطأ. إذا اقتصرنا على وجهة النظر التي تهمّنا هنا، يجب أن نسلّم بأنّ هناك حالات عديدة لم تكن فيها المعلومات العلمية ضرورية. فمثلاً لا حاجة إليها بالنسبة للصناعة النسيجية عند النقطة التي وصلت إليها. وهناك حالات كثيرة تقدّمت فيها التقنية دون أن يساعدها العلم، رغم أنّ المجال كان مفتوحاً أمامه. الصناعة المعدنية عرفت كلّ مراحل تطوّرها قبل أن يُفهم علمياً الفرق بين مختلف «حالات الحديد» كما يقول عنوان كتيّب يتناول الموضوع نشره عام 1788 برتوليه Berthollet، مونج Monge وفاندرموند Vandermonde. لا بل أنّ نظرية مصدر اللهب قد أخرّت هذه اللحظة وورّطت ريامور Réamur في متاهات لا مخرج منها. أمّا مكنة البخارفقد وُضِعت نصف قرن قبل النظرية التي وُضِعت منها.

بين هاتين الحالتين هناك العديد من الحالات المتنوّعة. المعروف أنّ الصناعة الكيميائية لم تتمكّن من الانطلاق منطقياً، مع اكتشافات جديدة وتقنية جديدة كلّياً، إلاّ عندما عرفت أعمال لافوازييه Lavoisier أو بريستلي Priestly وكافنديش Cavendish على نطاق واسع. لقد كان هذا الشرط واجباً. ومن عيشه في مناخ علمي، استفاد واط من أعمال معلّمي جامعة غلاسكو، لا سيّما بلاك Black، من أجل وضع مكنته البخارية. في الحالة الأولى كان العلم مقدّمة ضرورية، في الحالة الثانية ليس سوى دعم جزئي. يمكننا أيضاً أن نذكر، ضمن هذه الحالة الأخيرة، دراسات برنولي Bernoulli أو أولر Euler النظرية حول السفن، وهي دراسات وجّهت صناعة السفن لكنّها لم تقلبها. كما أنّ أعمال أولر المتفوّقة حول العجلات النفّاثة لم تؤت ثمارها إلاّ في العقد الثاني من القرن التاسع عشر.

هناك إذن نقاط التقاء بين التقنية والعلم، ونقاط التقاء عديدة ولكن تختلف تبعاً لها طبيعة العلاقات بين النشاطين. هناك تطابق بين عمليتي تطوّر، ليس فقط تطابق زمني بل أيضاً تطابق في الهموم والاهتمامات. حول هذه النقطة يجدر التركيز، ومرّة أخرى نشير إلى نقص جدّي في الأعمال، وإلى نقص في الأعمال الجدّية: لقد تسبّب فصل البحث بالتفريق بين

المجالين لدرجة أصبح معها من الصعب المواجهة بينهما.

هنا علينا أن نبني نموذجاً جديداً، ولن يكون الأخير. أفضل خطوة نقوم بها هي تحديد الحدود المشتركة بين العلم والتقنية، وأيضاً نقاط الفصل حيث نجد العلم والتقنية قائمين بحد ذاتهما، دون إمكان للتداخل.

إنّ ابتكار صناعة كيميائية في السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر هو نتيجة مباشرة لظهور الكيمياء الحديثة: لم يكن أحد يفكر قبل ذاك العصر بصناعة كربونات الصوديوم، أو بتبييض الأقمشة بواسطة الكلور. لكن هذه الكيمياء الحديثة لم تنعكس كثيراً على باقي التقنيات. إذا كان دور الحديد قد توضّح، سنة قبل الثورة، في كيمياء الحديد، فإنّ هذا الاكتشاف لم يؤثر كثيراً على الأساليب المعتمدة التقليدية أو الحديثة: نتأكد من هذا من خلال كل الكتابات التقنية حول مختلف عمليات صناعة المعدن. إلاّ أنّه يجب استثناء أبحاث ريامور Réamur التي استطاعت نوعاً ما أن تضبط بعض المعالجات الحديدية (عمل المصاهر العالية، السقاية، إلخ)؛ وقد وجب انتظار سنوات قبل أن نرى هذه الأبحاث تُدرس مجدّداً وتعطي نتائجها الفعّالة في الصناعة الحديدية، عند نهاية القرن التاسع عشر. كما أنّ التخلي عن نظرية مصدر اللهب، التي ولدت في بداية القرن الثامن عشر، أعتق هذه الصناعة من غلّ كان يخنقها بكل معنى الكلمة.

لا تعطي تطوّرات الفيزياء فوائدها إلاّ من حيث أنّها تحدّد كمّية الظواهر وتقدّم حلولاً أكيدة لبعض المسائل. وقد سمحت بعض أعمال النصف الأوّل من القرن الثامن عشر، أبحاث برنولي وخاصّة أبحاث أولر، بتحسينات لا يستهان بها. كما أن اكتشافات بلاك حول الحرارة الكامنة وضعت واط على الطريق الصحيح. ولكنّنا نرى، بالنسبة للعصر نفسه، حدود هذه التداخلات، فقد كانت التقنية، في الكثير من الحالات، تكتفي بالقواعد الرقمية، ولكن الحاصلة عن طريق التجربة، هكذا مثلاً بالنسبة لمقاييس هياكل السفن. حتّى دوهاميل، ورغم أعمال المنظّرين، لم يكن يثق كثيراً بتطبيق الرياضيات. من جهة أخرى حاول بلاك، الذي كان عضواً في الشركة الملكية Royal Society، أن يطبّق بعض الحسابات على أبعاد اسطوانات مكنات البخار وحول النتائج الحاصلة، لكن هذه المحاولات لم تؤدّ إلى أي اكتساب تقني فعلي. ثمّ وجب الإنتظار حتّى سنة 1834 للحصول على أولى رسوم كلابيرون Clapeyron التخطيطية. أمّا الزراعة فقلّما استفادت من تطوّرات علم النبات والفيزيولوجيا النباتية.

في الأغلبية الساحقة من الحالات تبقى التقنية إذن نشاطاً تجريبياً، دون احتكاك

متواصل وعميق مع العلم. وإذا كانت التقنية قد أتاحت للعلم، بشكل من الأشكال، أن يوسّع حقله التجريبي، فهي لم توجّهه فعلاً. كان هناك دوماً نوعان من المنطق: منطق علمي ملتزم جداً، ومنطق تقني تشكّل نتيجة خليط تجارب نخضع لها ولا نحدثها. أفضل مثل نعطيه هو صناعة السفن، حيث طلب كولبير جمع الأفضل من كلّ سفينة موجودة من أجل تركيب السفينة المثالية، وقد احتفظنا ببعض هذه الدفاتر التي تستحقّ دراسة عميقة. في القرن الثامن عشر، كانت طريقة الإنكليز تختلف عن الطريقة الفرنسية في رسم وتنفيذ هياكل السفن لكن الطريقتين كانتا مدروستين بعناية حيث كان الصانعون يبحثون عن الأفضل. إنّ التطوّر التقني يقوم على الملاحظة، التجربة الفوضوية والتصوّر، إنّه ليس ثمرة تفكير متين البناء، باستثناء بعض الحالات النادرة جدّاً، ولهذا السبب كانت مرحلة تكوّن الإختراعات الأساسية بطيئة دائماً. يمكننا القول أنّ التقنية التي ولدت في إنكلترا عند نهاية القرن الثامن عشر، أخذت أكثر من قرن من الزمن كي تتشكّل وأنّها ولدت بالنهاية من سلسلة من الإخفاقات وبعض المحاولات الناجحة. بهذا الصدد قد يكون من المهمّ دراسة الخلل في التقنيات.

إلاّ أنّنا نشعر بشكل عام، نحو نهاية القرن الثامن عشر وخاصّة في فرنسا، بأنّ العلم والتقنية يرتبطان ارتباطاً وثيقاً وأنّه من هذه المقابلة بينهما فقط ولدت تكنولوجيا حقيقية، ليست مقالة أو وصفاً، ظاهرة خارجية أو جداول تجريبية. إنّ إنشاء مدرسة البوليتيكنيك (المتعدّدة الفنون) École polytechnique، بهدف تقديم تأهيل علمي مشترك لموظّفين معدّين للتقنيات الأكثر تنوّعاً، هو أصدق شاهد عمّا نقول.

إذن ما يجب القيام به هو وضع قائمة بنقاط الالتقاء بين العلم والتقنية، وهي محاولة لم تبدأ حتّى اليوم. كان هناك تقنيون قريبون جدّاً من العلماء مثل دوهاميل دو مونسوه Duhamel du Monceau، وبيليدور Belidor وغرينيون Grignon. كذلك كان هناك علماء قريبون جدّاً من التقنيين: من أشهرهم نذكر برنولي وخاصّة أولر (نظرية السفن، العجلات النفّاثة، علم القذائف التجريبي والعملي، الخ). إنّ دراسة مختلف أعمال هؤلاء الرجال المتفوّقين تعطينا الإرشادات الدقيقة حول الروابط التي تجمع بين العلم والتقنية. ويُحتمل أن يكون العلماء، انطلاقاً من منتصف القرن الثامن عشر، قد أعطوا التقنيين نماذج متطوّرة جدّاً آنذاك بالنسبة للتقنية.

تطوّر شامل

إنّ ترابط التقنيات، الذي أخذ يتزايد مع التطوّر التقني والانطلاق الاقتصادي، جعل

من الثورات التقنية المتتالية ظاهرة منتشرة أكثر فأكثر وعميقة أكثر فأكثر. لقد رأينا تحوّلات جزئية طالت بشكل خاص بعض القطاعات المهمة، في حين أنّ القطاعات الأخرى تطوّرت ضمن بقائها عند مستوى معيّن دون أن تحدث مع ذلك أيّ خلل مزعج. وكلّما تقدّمنا كلّما رأينا نفوذ التقنيات المتقدّمة يصبح أقوى: بعد ذلك أصبحت التحوّلات التقنية شاملة أكثر فأكثر.

بالطبع لم تلد الآلية خلال القرن الثامن عشر: لقد سبق أن شاهدنا تطوّرها الملحوظ خلال عصر النهضة، وتلك الرغبة في مكننة متقدّمة أكثر فأكثر. لكنّ هذه الآلية أخذت بعداً آخر في العصر الذي يهمّنا هنا، ويتعلق هذا دون شكّ بعدد من العوامل علينا أن نتبيّنها.

يبدو أنّ هناك قبل كلّ شيء مسألة المواد. فمهما بلغت درجة إتقانها، لا يمكن للآلة الخشبية أن تكون سوى آلة رديئة، حيث كانت طريقة تركيب القطع وتثبيتها، واحتكاكات الأجزاء المتحرّكة وتلفها مشاكل يصعب تخطّيها. كانت هذه الآلات المهتزّة تسير بشكل سيّىء وغير منتظم، تتعطّل بسرعة وبحكم المادّة نفسها لا تتحمّل جهوداً كبيرة جدّاً: كانت التصدّعات والتوقّعات متكرّرة. ويمكننا عبر هذه الصعوبات نفسها أن نفسّر تواضع تطوّر الآلية التي كان يتوقّع لها، منذ وضع الأواليات الجديدة التي اكتشفت في عصر النهضة، أن تطال أفقاً واسعاً. ويمكننا الإقتناع بهذا الرأي من خلال نظرة سريعة إلى لوحات «موسوعة» ديدروه.

بالطبع كان من البديهي أن يُفكر تقنيّو العصر السابق بصنع آلات معدنية، إلاّ أنّ أموراً كثيرة كانت تحول دون ذلك. كان يتعلّق أوّلها بطبيعة المعدن نفسه، فقد بقي الحديد لمدّة طويلة حديداً رديئاً، وأحياناً رديئاً جداً، غير منتظم، سريع الانكسار، يصعب لحمه والعمل به. ثم سمحت تطوّرات القرن الثامن عشر في مجال الصناعة الحديدية بالحصول على معدن أصلب وأسهل للعمل في آن واحد، وأغزر أيضاً. من جهة أخرى لم يكن جهاز أدوات العمل بالمعدن قادراً على القيام بتجميعات يمكن الحصول عليها بسهولة مع الخشب. كما أنّ شغل المعدن، وكان يتمّ بأدوات يدوية، كان طويلاً ومكلفاً أكثر من شغل الخشب. ثمّ ظهر الفولاذ المقولب، عند منتصف القرن الثامن عشر، وتبعته آلات ـ أدوات لشغل المعدن، لا سيّما آلات ويلكنسن Wilkinson للخرط (1772)، آلات اللولبة (اللّوالب والحزقات)، وآلات النجر وكلّها فتحت الطريق نهائياً أمام آلة المعدن (شكل 1 و 2).

إضافة إلى هذا، كان تطوّر الآلية محدوداً بطاقة متوفّرة غزيرة دون شكّ بمجملها ـ ونفكّر خاصّة بالطاقة الهيدرولية ـ ولكن متشتّتة في وحدات ضئيلة، خاضعة لمصادفات

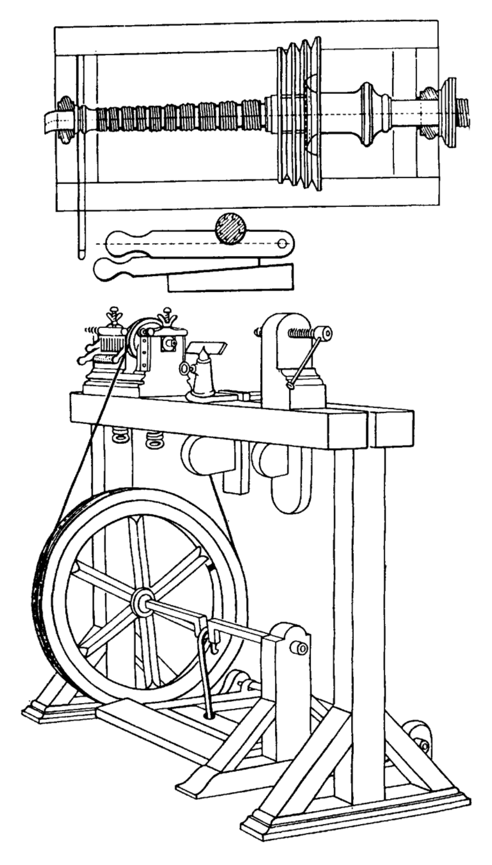
الطبيعة، ومتقيّدة بالمكان. باستثناء بعض الحالات الخاصّة جدّاً، مثل طواحين بازاكل Bazacle قرب مدينة تولوز Toulouse التي كانت تستعمل سلسلة من التربينات البدائية، قلّما كانت قوة وحدات الإنتاج تتجاوز العشرة أحصنة، لا بل كانت تقتصر أكثر الأحيان على حصانين أو ثلاثة. كان عدم انتظام دفق المياه والجليد يُحدثان من جهة أخرى توقّفات تطول أحياناً، وأخيراً كانت ضرورة إقامة المصانع بمحاذاة مجاري المياه تستلزم تكاليف نقل وإنشاءات هيدرولية كبيرة.

عندئذ جاءت مكنة البخار، التي أصبحت رمزاً لهذا النظام التقني الجديد خلال القرن الثامن عشر، وحرّرت إنتاج الطاقة من بعض قيوده. كما أنّها أدّت إلى وسائل إقامة أو نقل أخرى من أجل تخفيض الكلفة في نفس الوقت الذي سمحت فيه بتمركز الصناعات.

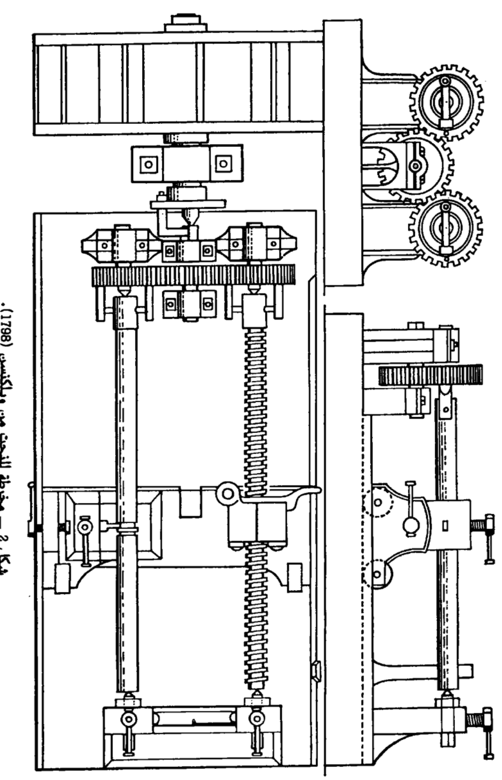
أخيراً يتعيّن ذكر تغيّر الوقود وذلك بالنسبة لمجموعة كبيرة من العمليّات (إنتاج الطاقة الآلية، الحرارية أو الكيميائية). وقد كانت ضرورة هذا التغيير عاجلة في بعض المناطق بسبب اختفاء الوقود النباتي بشكل ملحوظ. وهكذا اجتمعت الثلاثية الأساسية بالنسبة للنظام التقني الجديد: المعدن، الفحم، مكنة البخار. وكانت التفاعلات عديدة بين العناصر الثلاثة.

أصبح اليوم تاريخ مكنة البخار معروفاً جدّاً، وقد حصل على مراحل عديدة، بفضل مجموعة من الظروف العلمية والتقنية.

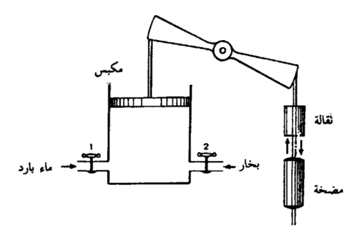
I ـ مرحلة الآلة الجوّية. وهي تستعمل عنصرين على التوالي، قوّة البخار والضغط الجوّي. وبهذا نراها محدودة جدّاً بالقوّة التي ينتجها الضغط الجوّي. لقد ذكرنا قبل القرن السابع عشر محاولات كثيرة لم تكن بمعظمها مقنعة، كما كانت آلة المركيز وورسيستر Worcester افتراضية جدّاً. بالنسبة لمهضمة بابان Papin فهي لم تكن مكنة بخارية، لكنّها اقتربت منها وتضمّنت عناصر قابلة للاستعمال، لاسيّما صمّام الأمان. بعد ذلك تناول بابان مجدّداً بعض المحاولات حول آلة هوغينز Huygens المعتمدة على البارود وتصوّر، سنة 1707، آلة جوّية مزوّدة بمكبس عائم لم تكن مجرّدة من الأهمّية ولكنّها كانت معقّدة كثيراً وذات مردود أقلّ من عادي (شكل 3).



شكل 1 ـــ مخرطة للنحت (1785).

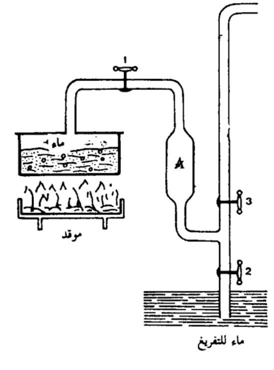


شكل 2 – مخرطة النحت من ويلكنسن (1798).

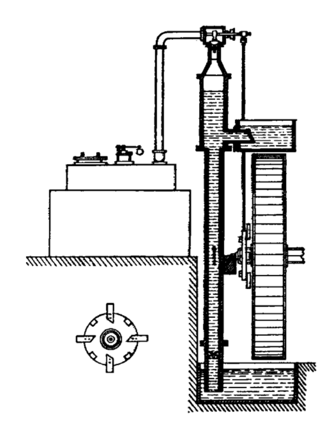


شكل 3 ـــ مبدأ آلة بابان Papin.

في الواقع كان سايفري Savery قد وضع عام 1698 أوّل مكنة بخار عاملة، وكان مبدؤها سهلاً للغاية (شكل 4). فقد كان يقوم على وعاءٍ بصمامين، يطرد البخار ماء هذا الوعاء نحو الأعلى، ثمّ يسمح الفراغ الناتج عن التكاثف بسفط (رفع) الماء التي تأتي من الأسفل. إذن كانت آلة دون مكبس مُعَدَّة لاستعمال واحد هو رفع مياه المناجم (شكل 5). لا شكّ في أنّه عندما رأى بابان Papin هذه الآلة استعاد أفكاره عام 1707 وأدرج عندئذ المكبس. كانت قوّة هذه الآلة الأخيرة تبلغ ثلثي حصان، وعدا عن قطع الحديد الساخن التي كانت تُجعل في الماء لتسخينها، كان لدى بابان أفكار مهمّة ولكن صعبة التطبيق آنذاك: تسخين البخار، الجرس الهوائي المأخوذ عن شخص يُدعى ماوتش Mautsch، من مدينة نورمبرغ Nuremberg. في الحقيقة لم تكن هذه الآلة تُستخدم إلاّ من أجل رفع الماء كي توقعها مجدّداً على عجلة هيدرولية.

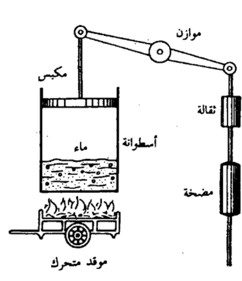


شكل 4 ـــ مبدأ آلة سايفري Savery.



شكل 5 ــ آلة سايفري Savery بعد أن حسّنها كيير Kierوريغلي Wrigley.

أمّا أوّل آلة بخارية حقيقية فكانت آلة نيوكومن Newcomen، التي تصوّرها عام 1712. وكان مبدؤها سهلاً جدّاً كذلك (شكل 6). كان البخار يسمح برفع مكبس يعود ويُنزله الضغط الجوّي بفضل الفراغ الذي يسبّبه التكاثف. إذن كانت الأسطوانة مفتوحة نحو الأعلى. كان المخترع يضع نصب عينيه دوماً مسألة رفع الماء. وكانت الآلة رافعة بفعل الضغط الجوّي، ودافعة بفعل قوّة البخار، ما كان منطقياً لأنّه كان يلزم استعمال الطاقة الأقوى أقصى ما يمكن. ونشير إلى نظام توازن كان يعدّل الأوزان غير المفيدة، خاصّة القضبان، والمكبس وكلّ جهاز المضخّة.



شكل 6 ــ مبدأ آلة نيوكومن Newcomen.

II ـ مراحل واط Watt المتتالية. عندما استلم واط المسألة، كانت مكنة البخار قد تطوّرت بعض الشيء: إدارة أوتوماتيكية لمفاتيح الدورات بواسطة اهتزازات جهاز التوازن، مضاعفة عدد مولّدات البخار من أجل وصول البخار بانتظام، اعتماد المداخن. باختصار كانت آلة نيوكومن تعمل قدر مستطاعها، وقد انتشرت على نطاق واسع، خاصّة في مناجم كورنواي Cornouailles. منذ سنة 1765، حاول سميتن Smeaton التخلّص من الإعاقة التي يسبّبها جهاز التوازن، وقد نجح لدرجة أنّ آلته بقيت طويلاً قيد الاستعمال حتّى بعد اكتشافات واط.

عدا عن الحدّ الذي فرضه استعمال الضغط الجوّي، لاحظ واط أنّ كمّية كبيرة من الحرارة كانت تُهدر دون مفعول ميكانيكي: خسارة الحرارة لحظة التكاثف، خسارة البخار الذي يدخل إلى أسطوانة بردت. كان يجب إذن من جهة العمل ضمن دورة أو حلقة مقفلة وليس مفتوحة كما في السابق، ومن جهة أخرى إجراء عملية التكاثف خارج الأسطوانة. بين العامين 1765 و 1769 أجرى واط عدداً من التحسينات الأساسية:

أ) وضع مكثّف مستقلّ، ممّا يسمح بإبقاء الأسطوانة ساخنة.

ب) الاحتفاظ بحرارة المكثّف هذه بواسطة تقميص ومرور البخار بين هذا التقميص والأسطوانة.

ج) تفريغ الماء بواسطة مضخّة في المكثّف.

د) الاستغناء عن استعمال الضغط الجوّي بفضل عمل البخار المتتالي على جهتي المكبس (شكل 7).

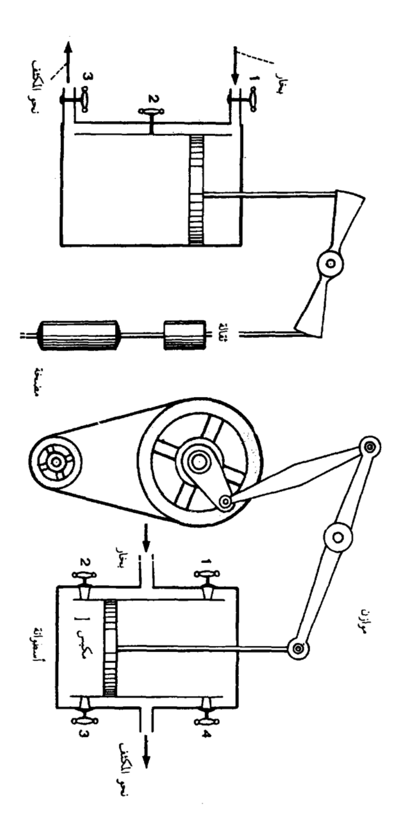
لقد كان مردود الآلة الجديدة أكبر بكثير واستهلاك الوقود، أي كلفة الطاقة، أنقص بدرجة كبيرة. من ناحية أخرى كانت صناعة الآلة أفضل بكثير: هذا بعد اختراع ويلكنسن، عام 1775، لآلة الخراطة من أجل صناعة الأسطوانات. لكنّ هذا التجهيز كان مكلفاً ولم يكن مربحاً إلاّ بالنسبة للآلات الكبيرة.

بين السنتين 1780 و 1787 أخذت المكنة البخارية شكلها النهائي:

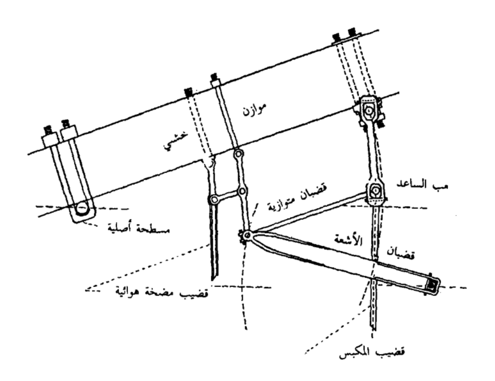
أ) كان المفعول المزدوج يتّحد بواسطة اسطوانتين تستعملان البخار وانبساطه، على جانبي كلّ مكبس، ممّا لغى دور الموازن نهائياً (شكل 7)؛

ب) كان اختراع متوازي الأضلاع المفصلي يؤمّن توزيع المفاتيح بغياب الموازن (شكل 8)؛

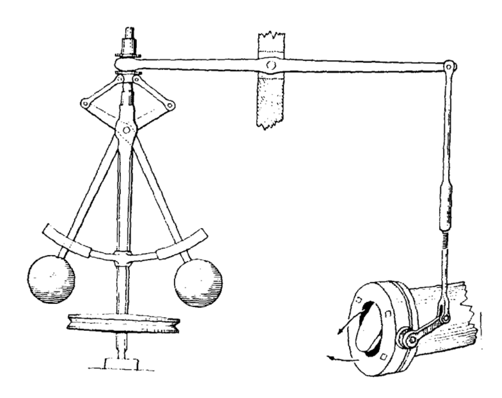
ج) أخيراً كان الضابط ذو الكرات يؤمّن سير الآلة المنتظم بواسطة ضبط ذاتي.



شكل 7 ـ التحسينات التي أجراها واط على آلة نيوكومن.
(عن فوريا Furia وسير Serre، «Techniques et Sociétés»، منشورات أ. كولان A. Colin، باريس، 1970).



شكل 8 ــ متوازي الأضلاع المفصلي.



شكل 9 ــ الضابط ذو الكرات.

بعد ذلك استُعملت اكتشافات واط عن كثب. سنة 1781، استخدم جوناثان هورنبلاور Jonathan Hornblower انبساط البخار المزدوج. كما تمّ تحسين المفاصل التي كانت سبباً في فقدان كمّية من البخار. وإذا كان مبدأ مكنة البخار الأساسي قد بقي هو نفسه، فإنّ كلّ الجهود أصبحت تنصب على اقتصاد البخار من أجل استعمال قوّة الحرارة الميكانيكية على أكمل وجه ممكن.

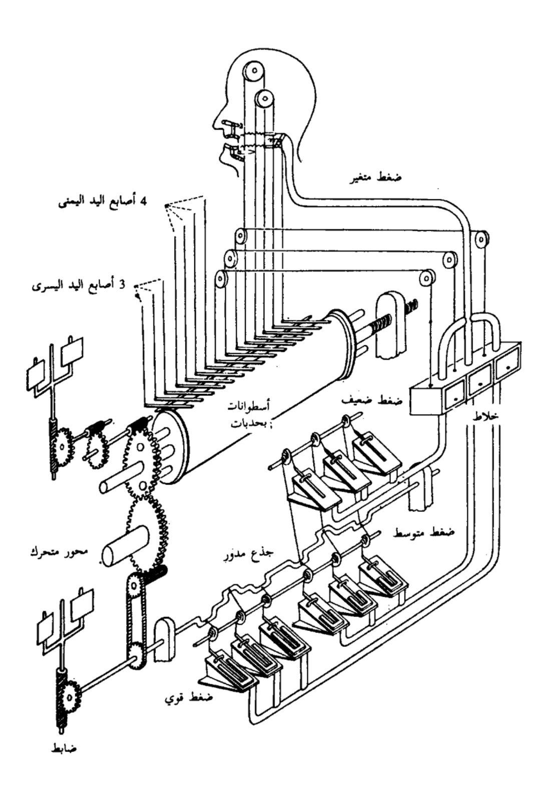
في مجال الأواليات لم يكن هناك تطوّر أو ثورة من نوع خاص. لقد بقي نظام الساعد ـ الرائد العنصر الأساسي لتوزيع وتحويل الحركات البدائية، لكنّه اتّخذ أهمية ملحوظة بسبب مكنة البخار التي كانت آلة تناوبية. أمّا اختراع واط، عام 1781، لتشبيك دويري فوقي، عرف باسم المسنّنة المخروطية، فلم يكن أكثر من حالة شاذّة فرضها استصدار البراءة التعسّفي للنظام الساعد ـ الرائد عام 1779.

إنّ أكبر اكتساب في تلك الفترة هو، كما لمحنا، استبدال التشبيكات الخشبية بالتشبيكات المعدنية. فقد أصبح بإمكان الآلة أن تتحمّل جهوداً أكبر، كما انخفضت نسبة التلف وأصبح سير الآلة أكثر انتظاماً. كذلك كانت تصنع العجلات والمسنّنات من الآهن (الحديد الصب) وفي هذا توفير كبير. وقد ذكر جون إيميسن John Imison، في كتاب وضعه سنة 1787 تحت عنوان «مدرسة الفنون» The School of Arts، النظرية الهندسية للتشبيكات الدويرية الفوقية.

أمّا الفكرة الأغنى من ناحية مستقبليتها فكانت دون شك الآلية الذاتية (الأوتوماتية)، وجذورها عميقة حيث رأينا أولى إنجازاتها منذ العصر القديم. وللأوتوماتية نواح عديدة.

إلاّ أنّ الضبط الآلي بواسطة تأثير مفعول الحركة فهو أمر حديث نسبياً. كان عصر النهضة قد اكتشف الكجّة وهي ضبط بواسطة مفعول السكون، ورسمت ملامح الضابط ذي الكرات الذي لم يكن ذلك الحين سوى كجّة معدّلة. وقد جعل منه واط ضابطاً كاملاً بمعنى أنّه كان يؤثّر مباشرة على دخول البخار.

وكان هناك أكثر من هذا؛ فقد أمكن تصوّر آلة متعدّدة الأعمال المتتالية تبعاً لبرنامج معيّن. لقد قدّم لنا الإغريق وصفاً لمسيّرات آلية (أوتومات): كانت الحركة تنتج عن نظام أثقال وحبال وكانت مختلف التأثيرات تحصل بواسطة حدبات. إنّ أواليات كهذه كان بإمكانها أيضاً أن تتحقّق بواسطة عجلات مسنّنة تتشابك إحداها مع الأخرى: هذا هو مبدأ أولى الآلات الحاسبة. وأعمال الألماني شيكهارت Schickhardt (1592-1635)، وآلة باسكال Pascal (1642-1645)، وأبحاث لايبنيز Leibniz (1673-1710) تحدّد مراحل تاريخها.



شكل 10 ــ عازف فوكانسون.

(عن دوايون Doyon وليغر Liaigre، «Vaucanson»، باريس، 1966).

كذلك كانت الساعة الميكانيكية تعتمد على مبادىء مشابهة. الصعوبة الوحيدة، والأهمّ، كانت في الواقع ضبط الحركة: كان اعتماد النابض الحلزوني يؤمّن نوعاً ما هذا الضبط في النصف الثاني من القرن السابع عشر. والمعروف أنّ النقطة المهمّة كانت المادّة المستعملة في صناعة هذه النوابض: لهذا الهدف وضع هانتسمان Huntsman نحو منتصف القرن الثامن عشر الفولاذ المقولب.

في مجال الأواليات الموسيقية والأوتومات، وهو مجال تجلّى فيه في النصف الثاني من القرن الثامن عشر الفرنسي فوكانسون Vaucanson والاخوان دروز Droz في سويسرا، برزت أواليات مختلفة لعبت فيها الحدبات دوراً كبيراً، مع احتمال وجود برنامج معيّن (شكل 10).

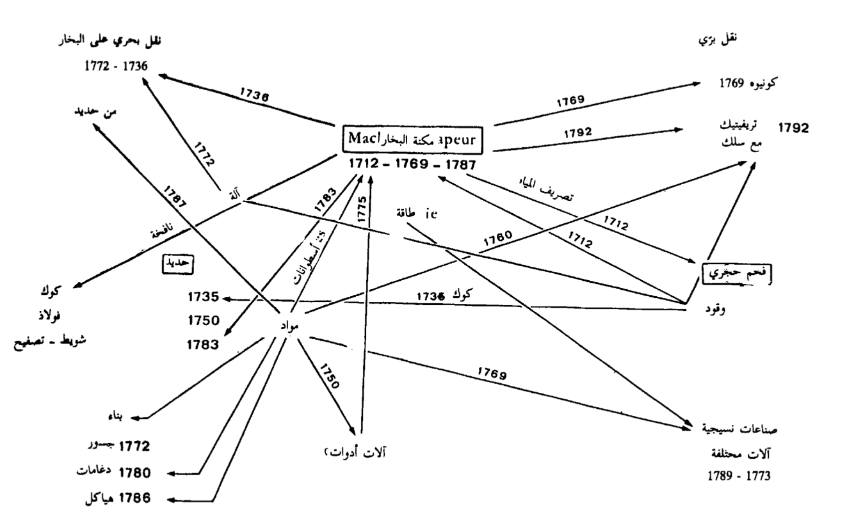
نشير أخيراً إلى اختراع مهمّ من أجل برمجة ضرورية لأتمتة أو تألية متطوّرة، وهو البطاقة المثقّبة. وقد ظهرت بين السنتين 1728 و 1734 عندما استعمل فالكون Falcon، بعد بوشون Bouchon، الكرتونات المثقّبة في أنوال نسج الأقمشة الموشّاة، مقلّداً على وجه الاحتمال الكرتونات المثقوبة المستعملة في أسطوانات الأراغن الهيدرولية.

إنّ أقدم آلة أوتوماتيكية استخدمت صناعياً هي آلة تقسيم الدوائر التي وضعها الإنكليزي جيسّي رامسدن Jesse Ramsden (1773). «كان يكفي ضربة واحدة على الدوّاسة كي يدور القرص المقسّم قدر الزاوية المطلوبة وكي ينقش الخطّاط التقسيم على الصفيحة».

مع طاقة أقوى، أسهل للضبط وللابتكار، ومع مواد ملائمة، ومع أواليات أكثر تنوّعاً، أمكن للآلة ـ الأداة أن تظهر. وقد وضعت بعض الوقت قبل أن تتطوّر ولكنّها اندفعت وانطلقت منذ نهاية القرن الثامن عشر.

عام 1751، صنع فوكانسون أوّل مخرطة معدنية لصنع العجلات؛ عام 1775، وضع ويلكنسن Wilkinson أوّل مخرطة للتقوير؛ وقد رأينا أهميّتها في صناعة أسطوانات الآلات البخارية. كذلك صنع الفرنسي سينو Senot عام 1795 أوّل مخرطة للّولبة، كلّياً من المعدن، قبل مخارط مودسلي Maudslay (1797) وويلكنسن (1798). سنة 1761 ظهرت آلة فوك Focq للنجر.

مذ ذاك أخذت الآلية الصناعية انطلاقة كبيرة، وذلك في جميع الصناعات. في 17 آذار من العام 1799، طلب صانع الساعات جابي Japy براءة بعشر آلات، بعد بذله جهداً ملحوظاً في مكننة تشمل قسماً كبيراً من صناعاته. يمكننا أيضاً أن نذكر الأسطوانات الهولندية من أجل صناعة الورق والتي أدّت، سنة 1798، إلى آلة الفرنسي روبير Robert.



شكل 11 ــ النظام التقني في القرن الثامن عشر.

كذلك نذكّر بمكننة المواصلات من أيّ نوع كانت. بعد عدد من الأفكار التي وقفت عند حدّ معيّن، لا شكّ في أنّ الأمريكي هولز Hulls كان أوّل من أدار سفينة بواسطة مكنة بخارية وذلك عام 1736. أمّا الفرنسي جوفروا دابّان Jouffroy d'Abbans فقد تلا دوكسيرون d'Auxiron وحقّق نجاحاً في تجاربه على نهر الساوون Saône، عام 1782، وتبعه مجرّبون آخرون مثل فيتش Fitch، رامسي Rumsey، وفالتون Fulton. وأوّل عربة بخارية برّية كانت عربة كونيوه Cugnot (1770)، مزوّدة بآلة جوّية (تعتمد على الضغط الجوّي)، وتبعتها عربة تريفيثيك Trevithick (1796-1797). وبعد قليل جاءت أولى القاطرات كما سنرى.

منذ هذه اللحظة يمكن لنا أن نلاحظ أنّ الثلاثية: حديد، فحم حجري وبخار كانت أساس نظام جديد سيصبح نظام القسم الأكبر من القرن التاسع عشر (شكل 11). وبفضله تمّ الاستغناء عن عنصرين أساسيين من عناصر النظام التقني الكلاسيكي، وهما الخشب والماء. إذن يبدو لنا التحوّل كاملاً، كما أنّه سيُعزّز بسلسلة من التغييرات الجذرية في عدد كبير من التقنيات: ونلاحظ هنا أيضاً أنّ التواريخ تتطابق تماماً وتحدّد اكتمال أساس هذا التحوّل خلال العقد 1780-1790.

بالنسبة لتقنيّات الاستثمار فقد عدّلت في بنياتها بشكل ملحوظ خلال القرن الثامن عشر ولكن على درجات متفاوتة. في الزراعة والصناعة الحديدية نرى التحوّل واضحاً جدّاً بينما لا نلمس التطوّر في الصناعة المنجمية إلاّ في جوانب خارجة تقريباً عن هذه الصناعة.

إنّ الزراعة «على الطريقة الإنكليزية» لم تظهر دفعة واحدة: لقد نمت تدريجياً ولم تثبت نفسها نهائياً إلاّ نحو منتصف القرن الثامن عشر. ويتعلّق ظهورها، بقسم كبير منه، بتحوّلات عامّة أهمّها دون شك هو انطلاق تربية الماشية بشكل واسع. كذلك تجدر الإشارة إلى التغيّر الكبير في البنيات الزراعية الذي أدّت إليه التسييجات، التي أتاحت فعلاً المجال أمام ظهور تقنية زراعية حديثة. وكما يقول أحد المؤرّخين المعاصرين، «ازدادت مركزية الملكية، ترافقها مركزية الاستثمار، ومزارع كثيرة استأثرت بقسم متزايد من الأرض المزروعة. وأصبح اتّحاد اللورد مع المزارع الكبير ضمن نظام يُدعى landlord tenant system ميزة مهمّة من ميزات الأرياف البريطانية وعنصراً من عناصر التطوّر التقني». هذه الزراعة الجديدة كانت نتيجة ثلاث سلاسل من التجديدات نذكرها:

أ) تتألّف السلسلة الأولى من ظهور وتطوّر النباتات المعزوقة البطيء، وهي تنظّف الأرض وتغنيها. إذا لم تكن الذرة قد تمكّنت، لأسباب مناخية، من الامتداد صوب الشمال،

فإن البطاطا بالعكس قد غطّت مساحات واسعة جدّاً. في الواقع لم تعرف البطاطا، التي تلائمها جدّاً الأراضي الباردة، توسّعها الحقيقي إلاّ في القرن الثامن عشر عندما تمّ تحسين الغرسات وأصبحت تعطي غذاء مقبولاً.

ب) كان اللفت (turnip) عبارة عن ثورة حقيقية في عالم الزراعة. ولكنّ أيّاً من غودج Googe (1577) أو ويستن Weston (1645) اللذين كانا ينصحان بزراعته في الحقول وإدراجه مع الكلأ الاصطناعي، لم يلقى النجاح، حيث لم يزد اللفت شيئاً إلى الموجودات الغذائية ولم ينفع إلاّ للحيوانات التي كانت تنعم آنذاك بالأراضي المستريحة. ثمّ جاء القرن الثامن عشر وانتشر اللفت في منطقتي نورفولك Norfolk وساسكس Sussex من أجل الخراف، وكان تول Tull يوصي بزراعته خطّاً خطّاً واعتماد الحراثة المزيّفة.

ج) كانت الزراعات الاصطناعية (نفل، إيدوصارون، قضب) معروفة منذ وقت طويل ولكن غير معتمدة كثيراً. في الواقع كان التفكير بالقمح بصورة دائمة يمنع تخصيص الأراضي لزراعة كانت تُعتبر أقلّ فائدة منه.

إنّ الاتحاد بين مختلف هذه العناصر كان يصطدم بالنظام الزراعي السابق وبكلّ محيطه الاجتماعي والزراعي (لا سيّما دور استراحة الأرض والارعاء العمومي). تتعلّق الخطوة الأولى بشكل خاص بالنباتات المعزوقة والتي كانت تغطّي الأرض المستريحة وتأخذ نصفها في بعض المناطق. لقد شارف العالم الزراعي الكبير تول Tull، عام 1731، على الإمساك بهذا التحوّل الأساسي، إلاّ أنّه فقط نحو منتصف القرن الثامن عشر ولد أخيراً نظام المناوبة الزراعية كلّ ثلاث سنوات: زراعات اصطناعية ـ نباتات معزوقة ـ زروع. والفكرة الرئيسية كانت التخلّص من الأرض المستريحة وتزويد الماشية بالغذاء الضروري وأيضاً بغذاء أغنى وأوفر يسمح بتمضية أشهر الشتاء القاسية.

هذا التحوّل العميق رافقته تحسينات في التفاصيل: استصلاحات منتشرة، لا سيّما من أجل الاستفادة من الأراضي التي لم تصلح مع الأنواع الزراعية القديمة، وإصلاحات في التربة (تصريف المياه، إعادة الجمعرة، الدمل بالكلس). بالمقابل قلّما تغيّرت الأدوات الزراعية. فقط عند نهاية الفترة التي ندرسها ظهرت أولى الدرّاسات التي تفتّ السنابل، تذري وتغربل ولكنّ استعمالها كان ما يزال محدوداً.

أمّا تربية الماشية، أو على الأقلّ شكل من أشكالها، فكانت واحدة من نواحي التحوّل الجذري في النظام الزراعي. هنا أيضاً لم يكن التطوّر مفاجئاً ولا سريعاً، حيث وصلت هذه التربية تدريجياً إلى التزاوجات، إلى الانتقاء، أكثر منه في المجال النباتي، وإلى استيراد

أفضل الأعراق. وبالطبع كان التوصّل إلى أعراق جديدة عند الغنميات كما عند البقريات ـ مثل ولادة الجواد العريق الإنكليزي من جواد عربي جيء به إلى إنكلترا عند نهاية القرن السابع عشر ـ يأخذ ردحاً من الزمن.

بالرغم من تشتّتها الظاهر وعدم تأريخها الدقيق، كانت التجديدات التقنية في مجال الزراعة كبيرة للغاية. فهي لم تؤدِّ فقط إلى استعمال أفضل للأراضي وإلى تطوير تربية الماشية وتحسين الأعراق، وبالتالي إلى إمكانيات غذائية أكبر، بل أيضاً إلى التخلّي عن العادات والبنيات الاجتماعية التي كانت قد لعبت دوراً مهمّاً في حضارات النظام القديم.

بالعكس يبدو لنا أنّ استثمار المناجم قد احتفظ بالأنظمة التقنية التي ولدت خلال عصر النهضة: في القرن الثامن عشر كان أساس هذه التقنيات ما يزال نفس ما نجده لدى أغريكولا Agricola عند منتصف القرن السادس عشر. في الواقع لم يَطَل التطوّر سوى نقطتين تتعلّقان بتقنيات متوازية.

النقطة الأولى هي مسألة تصريف المياه. فتحت هذا المظهر ولدت مكنة البخار، حيث فتحت المجال أمام إمكانات تفريغ جديدة ساهمت بتحسّن واضح جدّاً في استثمار المناجم. في الصناعة المنجمية وجدت المكنة البخارية أولى مجالات عملها وأوسعها، لا سيّما أنّ هذه المكنة البخارية، قليلة المردود بحدّ ذاتها بالنسبة لمصادر الطاقة الأخرى، كانت الوسيلة الوحيدة القابلة للإتعمال تقنياً.

كذلك كان التطوّر الثاني هامشياً؛ لقد كان يتعلّق بإخلاء المواد والحثالات. إنّ استعمال المجرّات على شكل، إمّا داخل الدهاليز، وإمّا على السطح من أجل إيصال الفحم إلى طرق المواصلات (أقنية ومرافىء) كان عبارة عن اقتصاد لا يُستهان به. كانت السكك الأولى من الخشب ممّا كان يمنع استعمالها في الخارج. وقد شاهدنا، على رسوم منجم سانت ماري أو مين Sainte - Marie - aux - Mines، هذه الألواح الخشبية التي تتجنّب الأخاديد. أمّا السكّة المجنّبة، مع عجلة قابلة للتكيّف، فلم تظهر إلاّ نحو العام 1630. وما أن أصبحت الصناعة المعدنية قادرة على إعطاء مادّة أكثر صلابة، ظهرت سكك الحديد الصبّ. ويشير جار Jars إلى وجودها في إنكلترا نحو العام 1765، كما أنّها استعملت في الكروزوه Creusot عام 1783. وهناك خريطة لمنطقة نيوكاسل Newcastle، من العام 1788، تظهر كلّ أهمّية هذه التقنية الجديدة في إيصال المنتوجات إلى النهر، مخفّضة بهذا قسماً كبيراً جدّاً من التكاليف. كما نعرف كلّ ما قدّمته هذه التقنية بعد ذاك العصر بقليل.

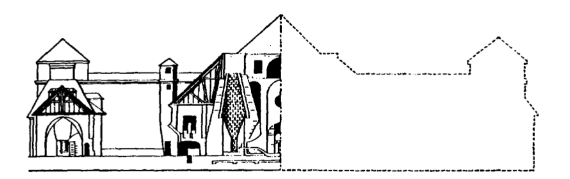
بالمقابل لم تخضع تقنيات وأدوات الاستثمار بحدّ ذاته إلى تحوّلات يمكن ذكرها. نشير فقط إلى استعمال البارود الذي تأكّد عام 1625 في شمينيتز Chemnitz والذي كان بطيء الانتشار.

بين كلّ الصناعات التي تحوّل المواد ربّما كانت الصناعة الحديدية هي التي عرفت التطوّر الأكمل والأشمل. كانت الصناعة الحديدية الكلاسيكية قد حقّقت توازنها على أساس عناصر ثلاثة: الركاز (المعدن غير الخالص)، الخشب من أجل الوقود والماء كقوّة محرّكة. أمّا الصناعة الحديدية الجديدة فقد قامت على أساس الركاز والفحم. في هذا المجال هناك دراسات كثيرة وجدّية تعفينا من الشروحات المسهبة. إذن لنرسم صورة هذا التطوّر الذي أصبح معروفاً جدّاً.

إنّ النقص في الخشب قد دفع للبحث عن وقود جديد لم يمكن أن يكون غير فحم الأرض. وكما نعرف لم يكن بالإمكان استعمال هذا الفحم مباشرة بسبب الكبريت الذي يحتويه والذي كان يجعل الحديد سريع العطب؛ إلاّ أنّ احتراقه على إنفراد كان يعطي الكوك وهو مادّة قابلة كلّياً للاستعمال (ولكن توجد أنواع من الفحم لا يمْكن تحويلها أو يصعب تحويلها إلى كوك)، وقد بدأ البحث عن حلّ لتنقية الفحم، أو لإزالة الكبريت منه كما كان يُقال في القرن السابع عشر، منذ النصف الثاني من القرن السادس عشر. ويُحتمل أن يكون الكوك استُعمل، عند نهاية القرن الثامن عشر، في تجفيف الملت وصناعة النحاس: في الواقع العبارات المستعملة هي موضع التباس ولا نلمّ جيّداً بظروف الاكتشاف. على أيّ حال كان أبراهام داربي Abraham Darby قد عمل على التوالي في صناعتي الملت والنحاس قبل أن يهتمّ بالصناعة الحديدية، ويُقال إنّه أوّل من استعمل الكوك عام 1709، في مصهر عال، بشكل أساسي من أجل صناعة الآهن. ولم تصبح الطريقة الجديدة صناعية حقّاً إلاّ في السنوات 1735-1740، قبل أن تنتشر ببطء في ما بعد. إضافة إلى كونه أصلب من فحم الخشب عند الضغط كان الكوك يتميّز بكونه يسمح بتكبير وتوسيع المصاهر العالية وبالتالي بزيادة انتاج الآهن. من جهة أخرى ساهمت التطوّرات في الصناعة المنجمية وفي المواصلات بتخفيض تكاليف الصنع. أصبح الآهن مادّة أرخص من المواد الأخرى وذا نوعية قابلة أكثر للاستعمال (شكل 12 و 13).

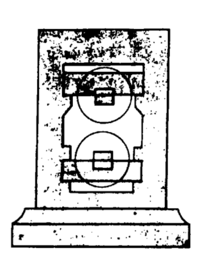
كان يُخشى من أن تسبّب الغزارة التي أصبحت ممكنة في إنتاج الآهن هوّة كبيرة: حيث إنّ تقنيات التصفية القديمة، أي تحويل الآهن إلى حديد، كانت بطيئة وما تزال تتطلّب وقوداً مكلفاً ويداً عاملة كثيرة. والفضل يعود إلى كورت Cort في اكتشافه، في العامين 1783، 1784 وبعد محاولات عقيمة، طريقة التسويط. وكانت هذه الطريقة تقوم على

شكل 12 ــ مصنع كبير من القرن الثامن عشر، الكروزوه Le Creusot(1785). الآلة النافخة.



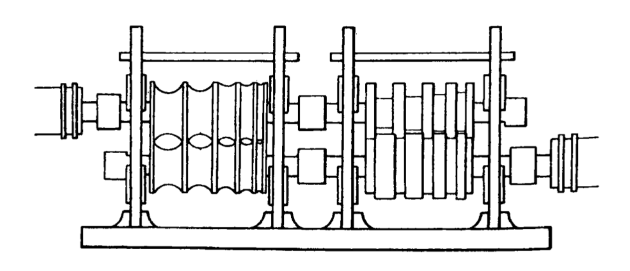
شكل 13 ــ إقامة المصاهر العالية في الكروزوه (1785). (عن م. دوما M. Daumas).

خلط الآهن أثناء ذوبانه في أسفل فرن عاكس تحت التأثير المزيل لفرط الكربون الناتج عن أوكسيجين الهواء الذي يجري في هذا النوع من الأفران؛ وهكذا نتجنّب احتكاك المعدن مع الجزء الصلب من الوقود، دون حاجة للرجوع إلى جهاز نافخ. بعد ذلك أصبح من الممكن معالجة كلّ الآهن بواسطة فحم الكوك.



شكل 14 ــ اسطوانتا التحضير والسحب في المصفحة (القرن التاسع عشر).

إذا كان الحديد المسوّط قد تبع هكذا إنتاج الآهن، فقد كان يلزم بالتالي تطريق هذا الحديد بآلة غير المطرقة الهيدرولية القديمة حيث كان معدّل إنتاجها محدوداً. كورت أيضاً كان من فكّر بتمرير كرات الحديد المسوّط بين أسطوانتي مصفّحة مضلّعة، وهي فكرة حصل على براءة بها عام 1783 (شكل 14 إلى 16).



شكل 15 ــ اسطوانات التحضير (إلى اليسار) واسطوانات السحب (إلى اليمين)، بداية القرن التاسع عشر.

ونشير فقط إلى أنّ اعتماد آلة البخار، من أجل منافخ الأفران ومن أجل المصفِّحات في الوقت نفسه، حرّر الصناعة الحديدية أخيراً من استعمال الطاقة الهيدرولية.

الاختراع الأخير كان من نوع خاص. في الواقع من أجل الحصول على الفولاذ الضروري لنوابض الساعات اعتمد الإنكليزي هانتسمان Huntsman، نحو منتصف القرن الثامن عشر، صناعة الفولاذ المقولب، وهي تقنية قد تكون عُرفت في وقت أبعد لدى بعض الشعوب، ولكنّها قلّما كانت مستعملة في أوروبا الغربية. وكانت تقوم على اتّحاد الآهن والحديد لتشكيل المادّة الوسيطة، أي الفولاذ.

الآهن أوّلاً، ثم الحديد عند نهاية القرن الثامن عشر، أصبحا مادّتين تُنتجان بغزارة، تُستعملان على نطاق واسع وتباعان بسعر ينافس الخشب إذا أخذنا بعين الاعتبار مدى صلابة المعدن. حتّى ولو لم يكن قد انتشر استعمال الحديد، عند نهاية القرن، يمكننا أن نستشفّ مذ ذاك اتّجاهات زبائن محارف الحديد.

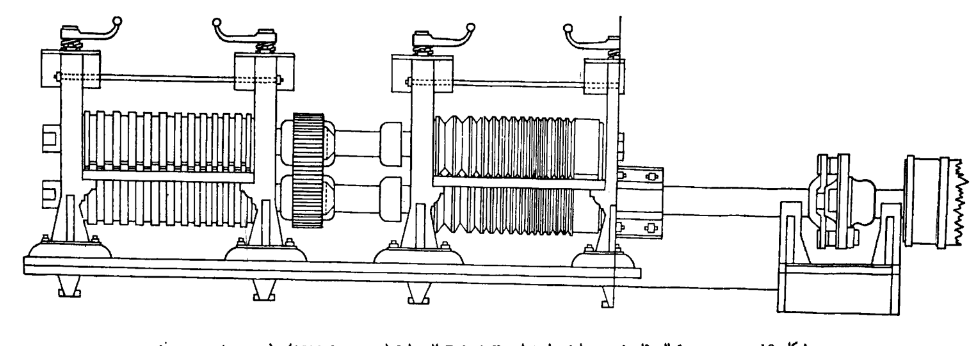
لقد ذكرنا أنّ الحديد سرعان ما أصبح المادّة الرئيسية في صناعة الآلات (الآهن دون شك أكثر من الحديد).

بالنسبة للبناء، أغلب الظنّ أنّ استعمال الحديد جاء متأخّراً. في الأبنية الكبيرة التي أخذت تُقام بعد مكننة هذه الصناعة تدريجياً، بدأت أعمدة الآهن تحلّ مكان العارضات الخشبية منذ سنة 1780. وفي السنة نفسها، استعمل المهندس المعماري الفرنسي لوي Louis للمرّة الأولى هيكلاً من الحديد في بناء مسرح بوردو Bordeaux .

عام 1787 صُنعت قوارب من الحديد للمرور في الأنهار والقنوات، وهنا تكمن بداية صناعة السفن الحديدية، ولكن بداية بعيدة نوعاً ما.

أخيراً بدأنا نرى منذ 1765 سككاً من الآهن تأخذ مكان السكك الخشبية القديمة من أجل نقل الفحم في المناجم الإنكليزية.

إلاّ أنّه لا يجدر بنا أن نبالغ، ففي نهاية القرن الثامن عشر لم يكن بعد الحديد مفضّلاً عن الخشب، ولكن نفهم جيّداً أنّه بدأ ينال من بعض القطاعات التي أعطته ازدهاره في القرن اللاحق. كما يبدو أنّه كان للآهن استعمالات متعدّدة أكثر من الحديد. وتطوّر إنتاج معمل سلالة داربي Darby، في كولبروكدايل Coalbrookdale، هو إشارة واضحة على ذلك. كان داربي قد بدأ صنع الآهن بواسطة الفحم الحجري من أجل إنتاج آنية منه. سنة 1758 كان المصنع قد قولب أكثر من مئة اسطوانة من أجل المكنات البخارية؛ وسنة 1767 افتتح



شكل 16 ـــ مجموعـة الصقل في محارف رايبنيك Rybnicffc للحدادة (نحو سنة 1830). (عن دوما Daumas).

المصنع نفسه صناعة سكك الآهن. أمّا في السنة 1779 فقد بني فوق نهر سيفيرن Severn أوّل جسر معدني: كان طوله يبلغ 90 م وعرضه 7,30 م وله عقد من 30 م، والكلّ مصنوعاً من قطع آهن مقولب. ويُظهر لنا هذا التنوّع التدريجي في الصناعة المكاسب التي بدأ يحقّقها المعدن بالنسبة لغيره من المواد.

لقد سبق أن ذكرنا ولادة صناعة كيميائية، ونعيد هنا ما ذكرناه. لم تكن الصناعة الكيميائية إلاّ في بداياتها، وعند نهاية القرن الثامن عشر كنّا فقط في مرحلة التأمّل بمستقبل زاهر لها.

المادّة الأساسية كانت الحرض (الأشنان)، الناتج عن النبات، أمّا الحمض الكبريتي وحمض الكلوريدريك فقلّما كانا يُستعملان. وكانت صناعة الصابون وصناعة الزجاج تقريباً الممثّلين الوحيدين للصناعة الكيميائية.

بعد نشوء الكيمياء الحديثة، جرت سلسلة من الاكتشافات أحدثت تطوّراً من نوع خاص. أوّلاً اكتشاف شيل Scheele للكلور عام 1774. بعد عشر سنوات، عام 1785، حدّد برتوليه Berthollet كلّ خصائصه وخاصّة استعماله في تبييض الأنسجة الذي كان سابقاً عبارة عن عمليّة بطيئة للغاية. ومنذ سنة 1777، أكبّ مصنع جافيل Javel، قرب باريس، على إنتاج الكلور الذي كان يتطلّب كمّيات أكبر من الحمض الكلوريدريك.

المسألة الثانية كانت مسألة إنتاج أكبر لكمّية الحرض، وقد بحث في فترة معيّنة عن طريقة لإنتاج الحرض الاصطناعي، كما أقامت أكاديمية العلوم في باريس، منذ سنة 1776، مسابقة لاكتشاف طريقة الحصول على الحرض من كلورور الكالسيوم، وكان هذا الاكتشاف عن طريق لوبلان Leblanc، سنة 1790. لكن الطريقة بقيت صعبة بسبب سعر حمض الكبريتيك المرتفع والإعاقة، المؤقّتة طبعاً، الناتجة عن وجود منتجات كيميائية ثانوية، خاصّة حمض الكلوريدريك، الذي وجد دوراً يلعبه مع صناعة الكلور، وسلفور الكلس.

كان حمض الكبريتيك ينتج انطلاقاً من سلفات الحديد أو احتراق الكبريت المستور. سنة 1736 تصور وورد Ward حواقل (بالونات) زجاجية لم تعطِ إنتاجاً أغزر. أمّا روبَك Roebuck فقد وضع سنة 1746، أثناء بحثه عن معدن لا يؤثّر به الحمض، حجرات الرصاص، التي دخلت إلى فرنسا سنة 1774 عن طريق هوكر Holker الابن.

وهكذا كانت ترتسم شيئاً فشيئاً تقنيات جديدة كلّياً ولكن لم تكن قد وصلت بعد، عشيّة الثورة الصناعية، إلى درجة من النضج كافية لأن تولد وتنمو بسرعة صناعة كبيرة جدّاً.

الصناعات النسيجية هي ميدان يعرفه المؤرّخون بصورة جيّدة، فتقنياتها هي أوّل ما لفت النظر من حيث التطوّرات الكبيرة التي حقّقتها.

إذا كنّا ندرك جيّداً الظروف التي أدّت إلى تجديد التقنيات الحديدية (نقص الوقود)، وإذا كنّا نفهم أسباب تطوير مكنة البخار، وإذا كنّا نلمس الأفكار التي كانت وراء ولادة الصناعة الكيميائية، فإنّه بالمقابل من الصعب أن نتبيّن ما أدّى إلى التحوّلات التقنية في الصناعة النسيجية، على الأقلّ في بدايتها. في تلك الفترة لم يكن بمقدور تزايد السكّان، أي الطلب، ولا تطوّر البنيات الصناعية أو الاجتماعية أن يُوحيا لنا، في النصف الأوّل من القرن الثامن عشر، بتغيّر جذري إلى هذه الدرجة. ويبقى السؤال مطروحاً؛ ما أن تحقّقت الاكتشافات الأولى، حتى جرى كّل شيء، بصورة تلقائية. كانت الفوارق بين مختلف مراحل الصناعة تدفع بنفسها إلى الاختراعات المكمّلة: حيث كان يتمّ عندئذ نوع من الاطّراد من أجل إعادة التوازن المفقود. ولم يرَ التوازن النهائي نوعاً ما النور قبل نهاية القرن.

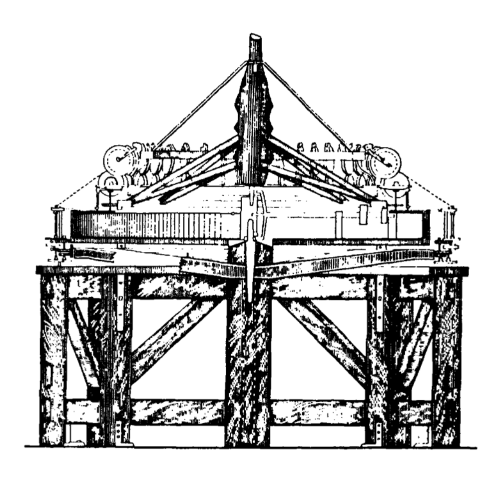
من الممكن إذن تقديم سلسلة الاختراعات الرئيسية هذه على الشكل التاليّ:

I - مكّوك جون كاي John Kay المتحرّك (1735) الذي كان يسمح بنسج أقمشة كبيرة دون حاجة المغزل إلى أكثر من عامل واحد بدلاً من اثنين. كان التوفير إذن كبيراً. من جهة أخرى تسارعت عمليّة النسج. إذن تسبّب انتشار هذه الطريقة بتزايد الطلب على الخيوط.

II - جرت تحسينات الغزل على خطوات كثيرة متتالية، فاصلاً بينها معظم الأحيان عدد قليل من السنوات.

أ) الاختراع الأوّل، اختراع واييت Wyatt ولويس بول Lewis Paul (نحو سنة 1733)، لا يبدو مرتبطاً باختراع كاي Kay، كما يوحي لنا التاريخ. كما أنّ انتشار هذه الآلة كان محدوداً (شكل 17).

ب) الاختراعان الكبيران التاليان تتابعا بسرعة كبيرة: تعود آلة «Spining jenny» إلى 1765 حينما وضعها هارغريفز Hargreaves، وآلة «Water frame» التي وضعها أركرايت Arkwright تعود إلى العام 1767 (شكل 18) . ويذكر مانتو Mantoux أنّ الآلة الأولى كانت عبارة عن حالة وسط بين العمل اليدوي والآلية: إنّها في الواقع تتألّف من دولاب مضاعف وممكنن جزئياً؛ لقد كانت آلة بسيطة وغير مكلفة. أمّا آلة «Water frame»، التي ابتكرت في نفس الوقت تقريباً، فكانت تصنع خيطاً قطنياً أقوى بكثير وأشدّ متانة سمح بالاستغناء عن الأقمشة الممزوجة.



شكل 17 ـ آلة للغزل من بول ووايت.

ج) كانت آلة «mule jenny» التي وضعها كرومبتن Crompton (1777) آلة مختلطة، أخذت مبادئها عن الاختراعين السابقين. إذن كانت تعطي خيطاً قويّاً ودقيقاً للغاية. كما أنّ المكننة كانت كلّية. نحو سنة 1783 بدأ صنع مكنات أهمّ وأكبر، مع دواليب وأسطوانات معدنية: كانت تتضمّن آنذاك، سنة 1790، حتّى أربعمائة سيخاً.

III ـ مرّة أخرى، فقدت الصناعة توازنها، حيث تطّور الغزل تطوّراً أسرع من النسج. فقد كان النسج الآلي قد شغل كثيراً المخترعين. جاءت آلة كارترايت Cartwright الأولى نحو سنة 1785 وكان من الصعب تسييرها، ثمّ جرت تحسينات سريعة وأصلحت الأمر. بعد ذلك عاد التوازن (شكل 19). منذ سنة 1789، كانت تُستعمل المكنة البخارية في جميع مراحل الصناعة النسيجية.

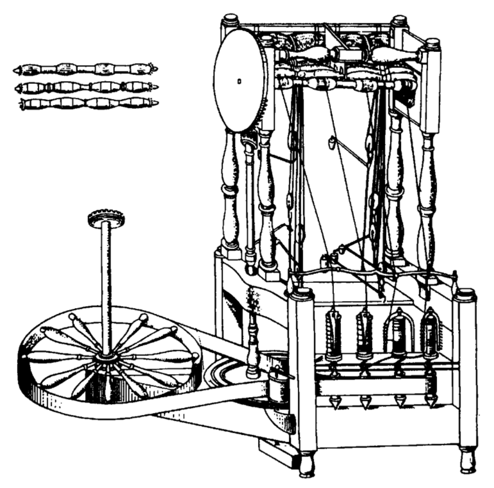
هكذا تحقّقت الثورة التقنية في الصناعة النسيجية. بعد وضع كلّ هذه الآلات من أجل القطن، أمكن تكييفها مع الصوف. كما ظهرت آلات أخرى جاءت تكمل

ترسانة الآلات النسيجية: آلة للندافة وضعها بورن Bourn سنة 1748، وزوّدها أركرايت بطبلين سنة 1775؛ ورغم آلة اخترعت سنة 1792، بقي تطوير الحلاجة يعاني من بعض الصعوبة؛ بالنسبة للحرير، ذكرنا آلة البطاقات المثقّبة التي وضعها بوشون Bouchon وفالكون Falcon: لقد حسّن فيها فوكانسون، سنة 1775 (شكل 20)، الذي كان قد وضع منذ سنة 1744 آلة لصنع قماش التفتة، إلاّ أنّ التآلف بين كلّ هذه الآلات ينتمي إلى القرن اللاحق (شكل 21)؛ أمّا الطباعة على الأقمشة بواسطة طريقة آلية فتعود إلى الإسكتلندي بيل Bell (1783).

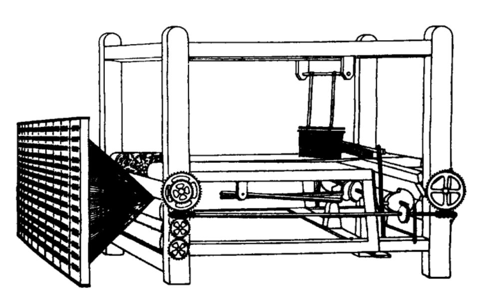
من الواضح أن كلّ التواريخ تتطابق أيضاً. لقد اكتمل النظام في العقد الأخير قبل الثورة. عندئذٍ، كما رأينا، كانت مختلف التقنيات التي وصلت إلى توازن معيّن يُساعد بعضها بعضاً: لقد أمكن صنع أنوال أكبر بكثير بفضل استعمال المعدن، كما أمكن تسييرها بواسطة مكنة البخار. نحن فعلاً في نظام تقني جديد.

من المستحسن التوصّل إلى قياس تطوّر نظام ما بالنسبة إلى النظام السابق، إلاّ أنّ الأمر يصعب لسوء الحظ بسبب الافتقار إلى أرقام محدّدة. من جهة أخرى هناك دوماً ربح خارج نطاق الإنتاجية المتزايدة، وأفضل مثل على هذا هو مكنة البخار. في الواقع بالإضافة إلى إمكانية الحصول على قوّة موحّدة متزايدة بشكل ملحوظ، كان بوسع مكنة البخار أن تنتج طاقة ثابتة، لا تخضع لمصادفات الطبيعة ومتحرّرة من أيّ تحديد بالمكان. ليس من السهل إدراج هذه المفاهيم ضمن نموذج رياضي صرف.

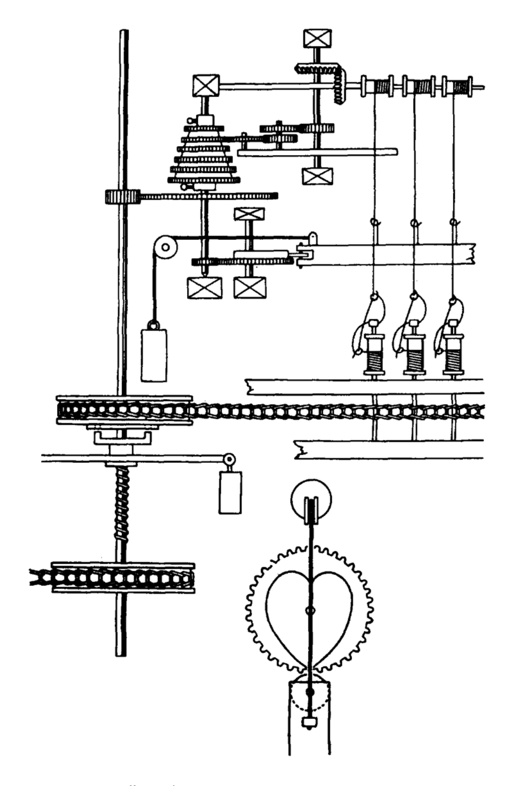
لدينا بالطبع معطيات رقمية ولكن هل بوسعها أن تعطي فكرة عن مجمل الإنتاج؟ كما أنّه بفعل الانتشار البطيء للتطوّر، أقلّه خلال فترة معيّنة، كان هناك ظواهر استبدال معيّنة. مثلاً إذا جاء عدد صغير من المصانع الحديثة وحلّ مكان عدد كبير من المصانع التقليدية فقد لا يكون هناك أيّ تعديل ملحوظ في أرقام الإنتاج العام. إنّ النظام التقني الجديد قد عدّل في البنيات وليس في مجمل الإنتاج. بعد هذه التحفّظات لنذكر بعض الأمثلة المعبّرة. في فترة من فترات بدايته كان بإمكان مصهر الكوك العالي أن ينتج ثلاثة أضعاف ما كان ينتجه مصهر الخشب. مع فرن التسويط كان المردود خمس عشرة مرّة أكبر من طرق التقنية القديمة. وفي سنة 1787 كانت مصانع كروشاي Crawshay، في سايفورثا Cyfortha، تنتج بالكاد خمسمائة طن من قضبان الحديد؛ بينما وصل إنتاجها سنة 1812 إلى عشرة آلاف طن، يمكننا أيضاً إيجاد أرقام معبّرة أكثر في الصناعة النسيجية حيث كانت المكننة أكثر تقدّماً، فقد كانت أصغر الآلات من النوع spining jenny تقوم بعمل ستّة أو ثمانية عمّال مزوّدين بأدواتهم التقليدية. في مراحله النهائية، أصبح تزايد إنتاجية النظام التقني الجديد في الصناعة



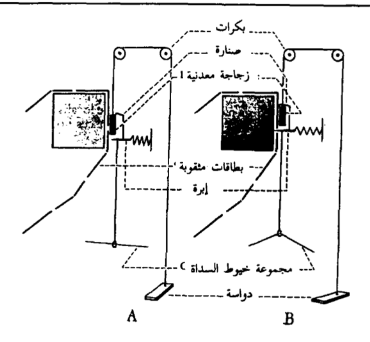
شكل 18 ـــ آلة أركرايت Arkwright للغزل.



شكل 19 ـــ آلة كارترايت Cartwright للغزل.



شكل 20 ــ أجهزة التوجيه في مجادل فوكانسون للحرير.
(عن دوايون Doyon وليغر Liaigre).



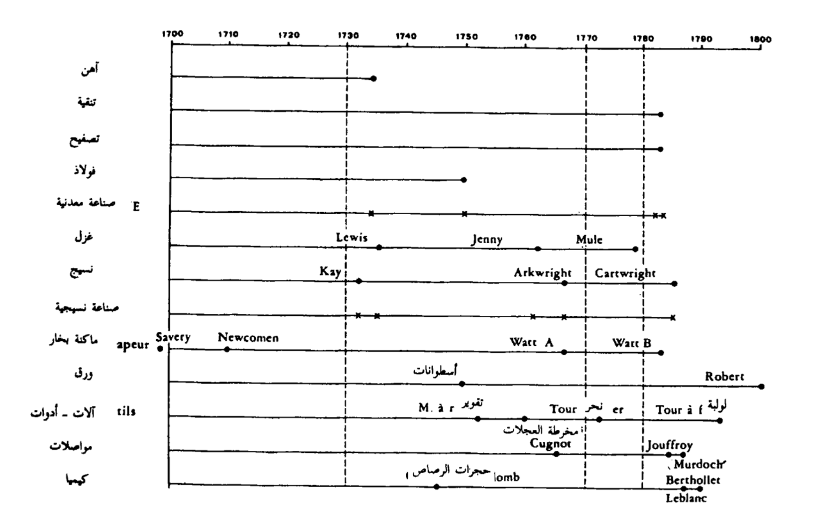
شكل 21 ــ مبدأ نول جاكار Jacquard

ا، الإبرة لا تجد الثقب، الصنارة لا تبلغ الرقاقة المعدنية، عند ضربة الدواسة، لا ترفع الرقاقة الخيط. ب، تدخل الإبرة في الثقب وتبلغ الصنارة الرقاقة المعدنية، عند ضربة الدواسة ترتفع الرقاقة وتجز نحو الأعلى خيوط السداة المتعلقة بها.

(عن فوريا Furia وسير Techniques et sociétés Serre، باريس، 1970)،

النسيجية كبيراً لا سيّما عندما تخلّى الصناعيون عن الطاقة الهيدرولية واعتمدوا مكنة البخار التي لم تعد تحدّ من أبعاد الآلات.

إذا وضعنا أنفسنا حوالي السنوات 1785-1790 ندرك جيّداً معنى الثورة الصناعية (شكل 22). فمن الناحية التقنية البحتة، نلمس اكتمال كلّ التجديدات والتوازن الداخلي في كلّ تقنية. كما أنّه في ذلك التاريخ ظهرت أولى العلاقات بين مختلف التقنيات. فمثلاً اخترقت المكنة البخارية الصناعة المنجمية على نطاق واسع، ولكن دخلت أيضاً إلى الصناعة الحديدية وصناعة النسيج. وأصبح استعمال الحديد أكبر فأكبر: سكك، آلات مختلفة، آلات نسيج، بناء. لقد حصل في ذلك العصر تغيّر جذري لم يؤخذ بعين الاعتبار سوى بعد مضي بضع سنوات. ومن المفيد دراسة تحوّلات الصناعة الإنكليزية، خاصّة في بنياتها، كي ندرك السرعة التي تمكّن فيها النظام التقني الجديد من فرض نفسه؛ فهناك بعض الصناعات التي تركّزت بسرعة كبيرة، لاسيّما الصناعة الحديدية. لكن لا يجب أن ننسى أنّه بين السنتين 1790 و 1815 تمكّنت ظواهر أخرى، سياسية أو اقتصادية، من لعب دورها في هذا المجال. لم يكن كلّ شيء كاملاً وإذا كان إنسان ذلك العصر قد نجح في الحدّ من عدم التوازن، فقد بقي أمامه عدد من الصعوبات التي كانت تنتظر حلاً.



شكل 22 ــ مخطط زمني لاختراعات التقنية في القرن الثامن عشر.

التقدّم

منذ نهاية القرن الثامن عشر، كان النظام التقني الجديد جديراً بالعمل لكنّه لم يكن بعد قد وصل إلى حدّه الأقصى. كان يملك عناصر تقدّم كثيرة وكان بالإمكان التأمّل، في حالات عديدة، بتطوّرات جزئية. وبالفعل كانت التطوّرات تأتي دون توقّف خلف التطوّرات، والتعديلات خلف التعديلات قبل الوصول إلى الحدود التي يملكها كلّ نظام تقني. حتّى منتصف القرن التاسع عشر تقريباً بقي التحوّل يتتابع، ببطء في ما بعد لأنّ العناصر الأهمّ كانت قد اكتُسبت. من جهة أخرى كان يجب انتظار نهاية الحروب النابوليونية كي تتمكّن هذه الحركة من أخذ حجم معيّن، إضافة إلى أنّه كان من الضروري استيعاب السلسلة الأولى من التجديدات بشكل تام.

لا شكّ في أنّ محاولة التحسيس بالمشاكل التقنية، كما بالمشاكل الاقتصادية، هي إحدى النتائج المهمّة لثورة القرن الثامن عشر الصناعية. وقد كانت لافتة في عدد معيّن من المجالات مشكّلة ذهنية جديدة كلّياً. يذكر م. كورتيو M . Courthéoux أنّ مفهوم السعر الحقيقي واستعماله في قياس مدى التطوّر التقني لم يكونا غريبين عن أوّل ممثّلي المدرسة الكلاسيكية. وافتتح أ. سميث A . Smith مجموعته «ثراء الأمم» بكتاب يتعلّق «بالأسباب التي أدّت إلى تحسين مؤهّلات العمل الإنتاجية». كما يشرح مالتوس Malthus طويلاً، في «مبادئه...»، حول «الاختراعات التي توفّر من اليد العاملة، وتُعتبر دافعاً لتزايد الثروة بشكل ثابت». لكنّ هذه الأمور ليست سوى مؤشّرات عابرة للاهتمام بالمسائل التقنية: فهذه المسائل لا تندرج ضمن فكر يهتمّ بصورة خاصّة بأواليات السوق.

منذ بداية القرن التاسع عشر، أخذ مفهوم الآلات يعود للظهور أكثر فأكثر. وقد مرّ المؤلّف ج. ب. ساي J. B. Say في دراسته من «محاولات في الفنون» إلى «وظيفة الآلات»، إلى «استعمال المحرّكات العمياء» وإلى «مراحل الصناعات»، إذا أردنا أن نأخذ عناوين فصول هذه الدراسة. إذا كان سميث قد اهتمّ بشروط إنتاجية متزايدة (تراكم رأس المال، اكتساب المواهب، استعمال الآلات، إصلاحات الأراضي، تقسيم العمل) وإذا كان ريكاردو Ricardo ركّز على الإصلاحات العقارية، مثل ستورات ميل Stuart Mill، فإنّ ساي هو من أعطى بشكل خاص لمفهوم الإنتاجية مظهره التقني. والمدهش في الأمر، كما يذكر دائماً م. كورتيو، أنّ أعماله تتّسم، أكثر من أعمال الإنكليز الكلاسيكيين، بطابع الثورة الصناعية. «الحصول على منتوج أكبر لنفس العمل البشري، هذا هو أوج الصناعة». ومن هنا فكرته بتخفيض كلفة الإنتاج بفضل التطوّر التقني.

ثمّ سرعان ما طرحت مسألة البطالة التكنولوجية. من ضمن أوائل المؤلّفين، وأكثرهم حماسة، كتب سيسموندي Sismondi أنّ اختراع آلة معّينة يلغي دور عدد من العمّال ويشكّل بهذا كارثة من الكوارث. لكنّ باستيا Bastiat قام ضدّ هذا التفسير معتبراً أنّ في هذا المجال تتغلّب الحسنات غير المنظورة (توفير المصروف) على سيّئات ما هو منظور (إلغاء العمل أو بكلمة أدقّ انتقاله). أمّا ساي فقد اتّخذ موقفاً وسيطاً: إنّ ظهور آلة جديدة هو مفيد للطبقة العاملة ولكنّه يمثّل أحياناً «مشكلة جدّية في الحقيقة، هي مشكلة تغيير طبيعة أشغالها». ولكن إذا كان التطوّر التقني يلغي، مؤقّتاً، بعض الوظائف، فإنّ «إدخال الآلات المصرّفة لا يخفّض بالنهاية من وسائل عيش الطبقة الكادحة». كذلك أشار ريكاردو إلى تغيير العمل خلال فترة التطوّر التقني، وخاصّة من القطاع الأوّل إلى القطاعين الثاني والثالث. كما كان يحاول تحديد موقع التجديدات بالنسبة لِ «إجمالي الناتج» و «صافي الناتج». «إنّ بعض التجديدات، بتسبّبها في زيادة صافي الناتج (أي الربح) الذي يحقّقه الرأسماليون، تحدث انخفاضاً في إجمالي الناتج (أيّ الربح الإجمالي للمواد المنتوجة)».

على أي حال لقد دُهش كلّ المنظّرين بانخفاض الأسعار الناتج عن التطوّر التقني. إلاّ أنّ هذا الانخفاض كان عاملاً أساسياً وفي آن واحد من أجل تطوّر الاستهلاك ومن أجل انتشار الطرق أو الآلات الجديدة. كان هناك إذن تحسين لوضع الشعوب ونشر التقنيات الجديدة، هذا النشر الذي كان بديهياً بفعل المنافسات. وإذا كان ساي يبدو متحمّساً في هذا المجال، فلا يبدو أنّ الإنكليز الكلاسيكيين قد حذوا حذوه معتبرين مع ريكاردو أنّ التحسينات لم تتمكّن من تصحيح ارتفاع الأسعار الذي تلا تدنّي المردود. إذا كان بمقدور المستهلك أن يستفيد من التطوّر التقني، فإنّ ريكاردو ومواطنيه كانوا يعتقدون بالمقابل أنّ هذا التطوّر التقني كان من أسباب تدنّي المردود وتآكل رأس المال. وكان هذا الاستنتاج يطرح فعلاً مسألة حدود التطوّر التقني.

إذن كانت الثورة الصناعية الإنكليزية هي ما دفع المنظّرين الاقتصاديين إلى محاولة دمج المسائل التقنية مع تفسير عام للحركات والتوازنات الاقتصادية. وكانت هناك فئات أخرى، دهشت بما سمّي بالتطوّرات الإنكليزية الهائلة، واستحوذت على المسألة في مجال اختصاصها.

إنّ تقدّم التكنولوجيا، التي كانت ما تزال في خطواتها الأولى في القرن الثامن عشر، والعلاقات بين العلم والتقنية تغيّرت كثيراً في الجزء الأوّل من القرن التاسع عشر. من جهة أخرى، كانت ولادة تقنية علمية تستدعي تقاربات مع المواد العلمية البحتة؛ لكن الروابط

كانت ما تزال واهية. إذا كانت الكيمياء قد انتظرت كي يحرز العلم تقدّمه فإنّ التقنية، في مجال الميكانيك، غالباً ما تقدّمت على التفسير العلمي. والمعروف أنّه فقط سنة 1824 تمكّن كارنو Carnot من وضع نظرية المحرّكات الحرارية. إلاّ أنّه تجدر الإشارة إلى مجهود كبير بُذل من أجل التنهيج وكان يستلزم إدخال المعطيات العلمية.

في نهاية القرن الثامن عشر اكتفى بيكمان Beckmann، رغم الوعد بمعالجة علمية، بمجرّد وصف تجريبي لمهن عديدة لم يكن هناك ما يربطها في ما بينها، ولا مع المبادىء العلمية. وفي سنة 1806 (عندما كتب Entrwurf der allgemeinen Technologie) ترك التقسيم الوصفي الذي تميّزت به كلّ دراسات وكلّ موسوعات ذلك العصر ووجد خيطاً رابطاً سمح له بتجميع العمليات الداخلة في مختلف المهن، وهكذا توصّل إلى تصنيف هذه العمليات.

إنّ ما يتغيّر هو الرؤية العامة للتكنولوجيا: حيث لم يعد استعمال التكنولوجيا يقتصر فقط على نقل صور مبسّطة لعمليات مهنة معيّنة أو حرفة معيّنة إلى إداريي وموظفي الدولة أي إلى غير الحرفيين. هذه المرة أصبحت التكنولوجيا قادرة على التدخّل فارضة تحسيناً تقنياً في المهن نفسها: إنّ فرز ومقارنة الطرق التي تحقّق نفس الغاية تسمح بنقل هذه العملية أو تلك من مهنة إلى أخرى. ولا داعي للتركيز كثيراً على مفهوم النقل هذا الذي يتيح الخروج من حدود مهنة معيّنة كانت تحجز التكنولوجيا الكلاسيكية، كما يتيح إقامة روابط بين مهن مختلفة جداً.

إنّ قراءة «بحث نموذجي في الآلات» الذي وضعه آشيت Hachette (1811)، تقودنا مباشرة إلى دراسة بونسليه Poncelet في «الميكانيك المطبّق على الآلات» (1836): ونجد الحساب الرياضي وتطبيق المفاهيم الفيزيائية يدخلان في الناحية العملية، كما أصبحت أعمال مونج Monge تتضمّن تمثيلات يمكن استيعابها عبر تفكير منطقي. إذن حلّت الصورة الكاملة والتفكير الشامل مكان ألواح «الموسوعة L'encyclopédie» و «أوصاف Descriptions» أكاديمية العلوم.

مذ ذاك لم تعد يد الحرفي هي التي تصنع كلّ شيء، كما كانت تقول مقدّمة «الموسوعة»، وأصبح بالإمكان تطوير تعليم تقني علمي جميع المستويات. وكان الاهتمام ينصبّ أكثر على المستويات الأعلى، فيما ارتبط المستوى الأقلّ بتعليم ابتدائي عام يصعب تحديده. كان المثل الفرنسي المثل الأكثر منهجية وقد حذا حذوه الكثيرون.

لقد ولدت مدرسة البوليتيكنيك بالتحديد انطلاقاً من فكرة إعطاء تأهيل علمي الأساس ضروري للمهن التي كانت تدرّس في ما بعد في المدارس التطبيقية. وقد أنشأتها

«الجمعية الوطنية»، توازياً مع كونسرفاتوار الفنون والمهن الذي بقي من جهته قائماً على المبادىء القديمة، مبادىء الوصف والعرض. إنّ تجميع النماذج، الذي بدأه فوكانسون Vaucanson عند نهاية القرن الثامن عشر، أليس تكملة لألواح «الموسوعة»؟ ألم نر أنّ ديدروه Diderot ودالامبير d'Alembert قد صنعا هما أيضاً نماذج صغيرة؟ وواط Watt ألم يعمل على نماذج؟ هنا يكمن كلّ الفرق: النموذج أو الرسم، مدرسة البوليتيكنيك أو الكونسرفاتوار؟ ونشير إلى أنّ المدرسة المذكورة كانت ضمن حدود جهاز الدولة ولكن سرعان ما عبر تلامذتها إلى القطاع الخاص. ثمّ دعت الحاجة لإنشاء مدرسة صناعية فأقيمت سنة 1829 المدرسة المركزية للفنون والصناعات.

هذه هي الأمثلة التي جذبت اهتمام عدد من البلدان الأخرى. إنكلترا من جهتها بقيت في تجريبيتها، أمّا ألمانيا فقد أكثرت من مدارس البوليتيكنيك: في كارلسروه Karlsruhe (1825)، في ميونيخ Münich (1829)، في دريسدي Dresde (1829)، في شتوتغارت Stuttgart (1839)، وفي هانوفر Hanovre (1831). كما أقامت النمسا مدارس من هذا النوع في براغ Prague (1806) وفي فيينّا (1815).

كانت مؤسّسة روشفوكوه ـ ليانكور Rochefoucauld - Liancourt قد أنشأت عند نهاية القرن الثامن عشر أوّل مدرسة للفنون والمهن (الصنائع). استعيدت هذه الفكرة في ظلّ الامبراطورية في كومبيينيْ Compiègne، ثمّ في شالون Châlons، من أجل تأهيل من سمّاهم نابوليون بضبّاط الصفّ في مجال الصناعة، أي في الواقع رؤساء العمّال. ثمّ كثرت مدارس الفنون والمهن هذه وأصبحت مدارس مهندسين، نظراً للنقص في ملاك صناعة انطلقت بشكل نهائي. وقد أقام لويس ـ فيليب Louis - Philippe واحدة منها في إكسان بروڤانس Aix - en - Provence. كما نذكر بعض المدارس التي اقتصرت على الصناعة المنجمية: مدارس دوي Douai، أليس Alès وسانتيتيان Saint - Étienne. ولا يبدو في هذا المجال أنّ الدول الأخرى قد اقتفت الأثر الفرنسي، بل اكتفت بنسخ درجاته العليا.

أخيراً كانت هناك مسألة تعليم الطبقة العاملة. كلّما كانت التقنية تصبح أكثر تعقيداً، كلّما دعت الحاجة إلى حدّ أدنى من التأهيل. بالطبع كانت هناك طريقة التمرّن المعروفة أينما كان، لكنّها بالتحديد لم تكن تعطي سوى «يد العامل»، حسب عبارة دالامبير d'Alembert. فقد أصبح المطلوب أكثر من هذا: أفكار عن الحساب، التمكّن من قراءة رسم ما، وبعض الأوليات الذهنية. كانت المسألة تنطرح على مستويين. فقد كان من الضروري تأسيس ما نسمّيه اليوم التعليم الابتدائي، حيث نلاحظ أنّه خلال حملة جرت سنة 1834 لفت صناعيو النسيج في فرنسا إلى أنّ إحدى مزايا الصناعة الإنكليزية كانت بالضبط وجود طبقة

عمّال تملك أسس تعليم ابتدائي. وقد حاول قانون غيزوه Guizot، سنة 1833 وضع، أسس هذا التعليم الابتدائي. أمّا في البلدان الأخرى فقد كان يجب إنتظار النصف الثاني من القرن. إضافة إلى هذا، كان يجب، في القطاعات الأكثر صناعية، وضع طرق تمرّن لم يكن موجوداً قبلاً أو كان موجوداً وزال. بهذا الصدد نجد، في فرنسا وفي ألمانيا، مؤسّسات خاصّة معدّة لإعطاء الطبقات الكادحة بعض عناصر الحساب والرسم المفيدة لهم. وقد كان نجاحها بالغاً لدرجة جعلت هذه «الدروس المسائية» تحوذ، في فرنسا، عشيّة ثورة 1848، على أكثر من مئة ألف مستمع. لقد كانت هذه المدارس، مثل مدرسة لا مارتينيير La Martinière، في ليون Lyon، عبارة عن أولى أوجه التعليم المهني.

التأهيل والإعلام أمران يرتبطان ببعضهما بشدّة. لهذا كان من الطبيعي أن يزدهر الأدب التقني عند بداية القرن التاسع عشر، وخاصّة في البلدان التي كانت تريد أن تتعلّم من الثورة الصناعية الإنكليزية. إلاّ أنّنا نفتقر إلى الكثير من المعلومات الأساسية في هذا المجال ولهذا سنقتصر على تقديم بعض الخطوط العريضة.

بالطبع هناك المكتسبات السابقة، المستمرّة أو المعادة. هكذا مثلاً بالنسبة «للموسوعة المنهجية» التي بدأ العمل بها في نهاية القرن الثامن عشر وطُبعت آخر مجلّداتها سنة 1834وهكذا كان بالنسبة لأبحاث القرن الثامن عشر التي كان دوماً يُعاد طبعها، نظراً للافتقار إلى أعمال حديثة. فمثلاً الدراسة التي كانت قد وضعها السويدي شابمان Chapman، وترجمها فيال دو كليربوا Vial de Clerbois، كانت تتكرّر طباعتها في باريس سنة 1839. من جهة أخرى تتعيّن مقارنة المنشورات القديمة مع المنشورات الأحدث من أجل ملاحظة الفوارق.

مع هذا كان هناك الكثير من الصناعات التي تناولتها أعمال أحدث، ولا سيّما الصناعات التي تأثّرت نوعاً ما بالاختراعات الإنكليزية. ونعطي كمثل الصناعة المعدنية: بعد الدراسات القديمة، التي لم تتكرّر، جاءت أعمال الفرنسي هاسنفراتز Hassenfratz («Sidérotechnie...»، 1812)، وكارستن Karsten («System der Metallurgie»، برلين، 1831)، قبل الدراسة الكبيرة التي وضعها الإنكليزي بيرسي Percy، بعد سنة 1850. من المفيد أن نأخذ هذا الإنتاج في كلّ صناعة من الصناعات، ونحلّل في آن واحد مضمونها التقني الدقيق والطابع العام الذي يسودها.

أمّا الذهنية الموسوعية فلم تختف، حتّى في مجال التقنيات. حيث نلتقي أيضاً في هذا النصف الأوّل من القرن التاسع عشر بعدد كبير من القواميس، بعضها عامّ تماماً، والبعض الآخر

مكرّس لتقنيات معيّنة. ونذكر «القاموس التكنولوجي، أو القاموس الجديد الشامل للفنون والمهن»، الذي صدر عن «تجمّع من العلماء والفنّانين»، في باريس سنة.1835 ونشير إلى أنّ ثقافة بسمر Bessemer كانت مقتصرة على قراءة واحد من القواميس التي صدرت في لندن سنة 1831. وما زالت هذه القواميس بحاجة إلى تحليل أدق لمعرفة كنهها على وجه الدقّة.

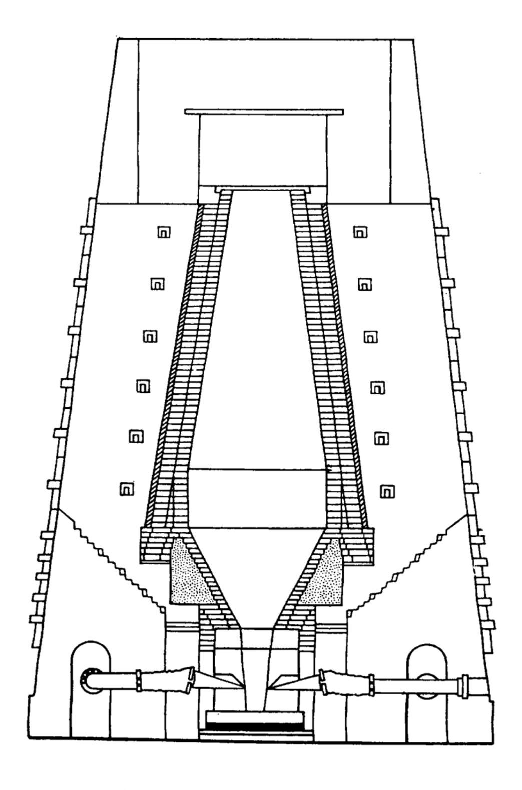
أخيراً هناك عنصر لم تتوقّف أهمّيته عن التزايد، وهو المجلاّت التقنية، التي ظهرت ذلك العصر وساهمت إلى حدّ بعيد ببثّ التطوّر المكتسب وبتحضير التطوّر العتيد. لقد أوجدت الثورة، في فرنسا، عدداً من هذه النشرات والتي كان بعضها رسمياً: «مجلّة العلوم، الفنون والمهن» (1792) «مجلّة الفنون والصناعات» الرسمية (1795 - 1797)، أو تلك المجلّة الممتازة التي نشرها جهاز رسمي وهي «مجلّة المناجم» وقد بدأ إصدارها سنة 1792 ونذكر أيضاً نشرات بعض المؤسّسات المهتمّة بالتطوّر التقني مثل «نشرة شركة تشجيع الصناعة الوطنية» (منذ 1801). البلاد الأخرى تبعت أثر هذه الحركة التي ولدت دون شك في فرنسا ولكن التي تعود جذورها إلى القرن الثامن عشر، ومن ضمن النشرات المهمّة يمكننا ذكر «مجلّة البوليتيكنيك Polytechnisches Journal»، التي رأت النور في برلين سنة 1820، و«مجلّة الميكانيك Mechanics Magazine» في لندن (1823). بالطبع ليس من السهل أن نذكر هنا كلّ عناوين تلك النشرات إلاّ أنّها لعبت جميعها أدواراً عديدة أوّلها الإعلام عمّا كان قد تحقّق. وهناك دراسة ظهرت مؤخّراً حول محارف حدادة فرنسية أظهرت كلّ الحماس الذي استقبلت به «مجلّة المناجم» التي جنّبت على ما يبدو القيام بمحاولات عقيمة وتكاليف لا طائل تحتها. وكانت هناك نقطة أخرى أيضاً، هي تواجه الخبرات الصناعية المتكرّرة في هذه النشرات الدورية حيث كان يسهل إدراجها أكثر منه في الدراسات المؤلّفة بصورة جيّدة، وكان هذا التواجه يؤدّي إلى عمليّات التكيّف الضرورية كما إلى عمليّات التطوّر التدريجية، وحتّى إلى تجديد التقنيات المعتمدة. إنّ هذا النشر للمعرفة التقنية سيكون واحداً من أسباب التطوّرات العتيدة.

كلّ هذا التطوّر في تأهيل الموظّفين وفي بثّ المعلومات التقنية، والأمران مرتبطان ببعضهما، انبثق عنه نوع جديد من الرجال ظهرت ملامحه الأولى في القرن الثامن عشر. مهما كانت الأنظمة المتّبعة في البلدان المختلفة فإنّ «المهندس» كان نتيجة التطوّر، وليس فقط التطوّر الذي حصل في السنوات الأخيرة من النظام الحاكم القديم، بل كلّ التطوّرات. وهو ليس فقط موظّف دولة، كما تصوّره القرن الثامن عشر، بل أصبح يعرف كلّ ما تلزم معرفته من أجل قيادة هذه المؤسّسة الجديدة التي هي المصنع أو المنجم الكبير. لأنّ المطلوب منه أن يعرف طرق الصناعة ضمن اختصاصه كما إدارة الآلات أو بناء الأبنية اللازمة. وهو إن لم يكن متعدّد

الخبرات، كما أرادت تصويره بعض الفئات، فإنّه متعدّد المعارف على الأقلّ. ومن المهمّ جدّاً أن نتعرّف على طريقة تأهيل هؤلاء الرجال وحياتهم المهنية. لقد دُرست المدارس الفرنسية بصورة جيّدة، وفي إنكلترا كانت بعض المؤسّسات، وهنا كمنت قوّة البلد دون شك، عبارة عن مناجم مهندسين: ونذكر بهذا الخصوص الشركة التي أسّسها المهندس العبقري مودسلي Maudslay. إنّ «منجم مودسلي Maudslay Nursery» كمّا سمّاه بحقّ أحد المؤلّفين المعاصرين يُمثّل فعلاً نموذج المصنع الإنكليزي حيث تحقّق التطوّر التقني. في إنكلترا، كان الاختراع والتجديد يتمّان في كنف المؤسّسة، بينما كان الأمر مختلفاً في القارّة وهذا ما كان يطيل من مدّة التجارب والوضع موضع التنفيذ.

كان التقدّم التكنولوجي يتطلّب جهوداً أخرى لم ترَ النور إلاّ في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر. ولنعد إلى الصورة التي رسمناها منذ البدء. إنّ النظام التقني الجديد تشكّل نوعاً ما عند نهاية القرن الثامن عشر، إلاّ أنّه لم يكن قابلاً للتطبيق إلاّ على بنيات اقتصادية متحوّلة. وكانت المتطلّبات مكمّلة: أصبح بالإمكان الإنتاج الغزير في عدد كبير من الصناعات، وأصبح المطلوب قيام هذا الإنتاج الغزير ضمن وحدات إنتاج أقوى وأقلّ عدداً، ولا بدّ لهذه المركزية من أن تنعكس مركزية متوازية في رؤوس الأموال. هناك إذن من جهة اختفاء تدريجي للمؤسّسة العائلية الصغيرة، ومن جهة أخرى تجميع لرؤوس الأموال التي أخذت تكبر. بالتالي كان على تقنيات الإدارة وتقنيات التمويل أن تتأقلم مع هذه الأوضاع الجديدة. إلى جانب المهندس، رأينا رجل الأعمال أو المقاول يتغيّر أيضاً، كما الشروط القضائية المحيطة بعمله، كما الحلقات المالية. نشير هنا، خاصّة بالنسبة للقارّة الأوروبية، إلى إصدار قانون التجارة الفرنسي، سنة 1807، الذي أوجد أنواع الشركات الصناعية أو التجارية المناسبة، كما نشير إلى الانتشار الهائل والسريع للقيمة المنقولة، أسهم أو سندات، هذا الانتشار الذي جمّد رؤوس أموال الشركات دون أن يعيق حركية الثروات. إلاّ أنّه يجدر القول إنّ تأخّر بعض البنيات، مثلاً البنيات المصرفية، أثّر في مصاعب تبنّي النظام التقني الجديد، من حيث إنّ الدولة لم تعد، كما في القرن الثامن عشر، تمثّل سنداً فعّالاً للمؤسّسات الجديدة. لم يعد بوسع الدولة أن تهتمّ عندئذٍ إلاّ بالبنيات التحتية الضرورية من أجل التطوّر الاقتصادي.

أمّا الظروف الديموغرافية فهي أقلّ وضوحاً. إذا كانت شعوب البلدان الأكثر تقدّماً قد استمرّت بالتزايد، فإنّ معدّلات الولادات بلغت حدّها الأعلى حوالي السنوات 1820 ـ 1830 ثمّ بدأت تتراجع. إذا نظرنا في الأمر مليّاً، نرى أنّ الصناعات، وخاصّة في إنكلترا، كانت تسدّ الثغرة الناتجة عن هذه الديموغرافيا الباهتة عبر تصديرات كثيرة. بالطبع، تابع



شكل 23 ـ مصهر غلوفيتز Gluwitz العالي (سيليزيا Silésie)، نحو سنة 1830.

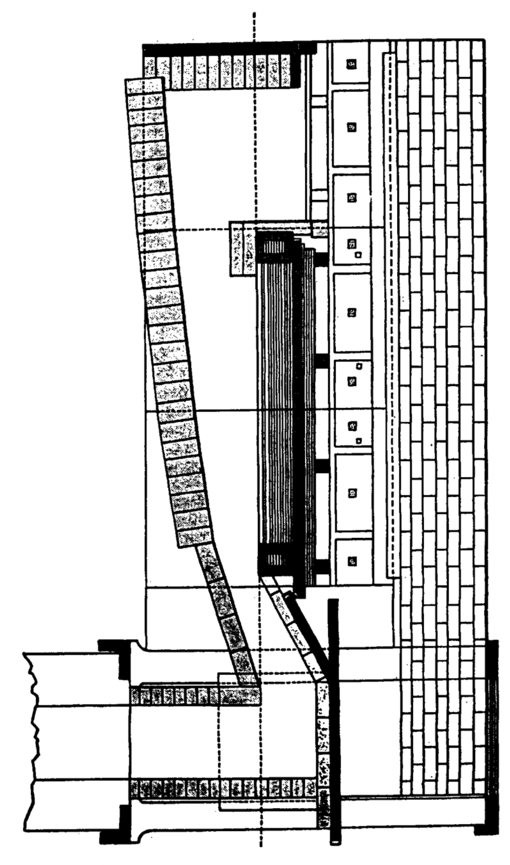
الاستهلاك ازدياده في البلدان الصناعية، لكنّ توسّع الأسواق الخارجية كان ذا حجم من نوع آخر.

لقد كان النموّ الاقتصادي موضوع الكثير من الأعمال ولا حاجة لأن نركّز عليه كثيراً في عرضنا، لكن المفارقات التي نصادفها قد توضّح لنا بعض أفكارنا. ونأخذ كمثل إنتاج الحديد الصب (شكل 23). تظهر الأرقام التالية فروقاً مهمّة؛ بين العامين 1800 و 1850 أعطى إنتاج الحديد الصبّ، بآلاف الأطنان، النتائج التالية: إنكلترا، من 600 إلى 2249؛ فرنسا، من 200 إلى 406؛ ألمانيا، من 70 إلى 144؛ بلجيكا من 50 إلى 1440. أي إنّ إنكلترا ضاعفت إنتاجها أربع مرّات، بلجيكا ثلاثاً، والبلدين الآخرين مرّتين. هل بإمكان أرقام إجمالية أن تعطي فكرة واضحة عن وضع ما؟ هل لها مدلول معيّن؟ وما هي طريقة الصبّ، الكوك أو الخشب؟ وخاصّة، لبحثنا، ما هو مدى أهمّية التقنيات الجديدة؟ من الواضح أنّه إذا كانت إنكلترا قد عرفت هذا النموّ في الإنتاج، فإنّها تدين به للطرق الجديدة. بالنسبة للبلاد الأخرى لا شكّ أنّ الوضع يختلف حيث كانت الصناعة القديمة التقليدية تساهم بمجهود إضافي. بالنسبة لهذه البلاد، إن استطعنا القول، وبالنسبة لهذه الصناعة، قد لا يكون انطلاق النموّ بالضرورة ثمرة اعتماد النظام التقني الجديد. فإنّ الظروف الطبيعية والتأقلم الطبيعي مع هذه التقنيات الجديدة هي أمور تتطلّب بعض الوقت. بعبارة أخرى، لقد تحقّق النمو، على الأقلّ في بداياته، بفضل جهد كبير جدّاً بذله النظام التقني القديم. ويمكننا أن نلمس هذه الحقيقة من خلال بعض الدراسات التي نملكها حول أسعار التكلفة. لقد اعتمدت القارّة الأوروبية تسويط الحديد بشكل أسهل من اعتمادها لصبّه بواسطة فحم الكوك (شكل 24).

يتعيّن إذن أن ندرس، في ما نسميه بالتقدّم، سلسلتين مختلفتين من الأمور. الأولى عبارة عن التكيّف مع شروط إنتاج غير التي كانت موجودة عند البلاد المكتشفة للتقنيات الجديدة، وهنا تكمن مسألة مهمّة سنعود إليها لاحقاً. وأخيراً هناك امتدادات الاكتشافات غير الكاملة وضرورة إقامة التوازن، وهنا ينصبّ اهتمامنا.

في النصف الأوّل من القرن التاسع عشرَ اتّخذت تقنيات ثورة القرن الثامن عشر الصناعية شكلها الذي كانت تتوخّاه. ولنحدّد أيضاً أنّ التحسينات التي لا بدّ منها حصلت معظم الأحيان بعد الحروب النابوليونية. ويمكن فهم هذا الأمر بسهولة من الناحية الاقتصادية، فقد كان ينتظر استتباب السلام ونهاية حصار القارّة، ولكن أيضاً استيعاب التجديدات الأولى. إذن هذا ما يفسّر، بدرجة كبيرة، أنّه إن لم يكن البحث التقني قد استمرّ وتواصل، فعلى الأقلّ لم يحدث اكتمال التجديد التقني إلاّ بين سنة 1815 وثورة 1848.

تجدر الإشارة إلى أنّ تقدّم التقنيات الجديدة هذه لم يعد فقط فعل إنكلترا وحدها،



شكل 24 ـ مقطع عامودي من فرن لتسويط الحديد في بلاتنا Blatna.

فهناك بلدان أخرى اكتسبت التقنيات الجديدة وشاركت بإرادتها بالتطوّر لا سيّما من منطلق الوعي للمسألة التقنية، وللقوّة الصناعية. وقد ولِد كما أشرنا حماس معيّن وأيضاً رأي معارض له لا بدّ منه هو الرومنطيقية وحبّ الطبيعة. ما أن عاد السلام حتّى ذهب الفطنون لزيارة إنكلترا حيث لاحظوا تقدّم هذا البلد على غيره. هنا أيضاً كانت ردّة الفعل عنيفة وظهرت عبر كلّ أنواع الحواجز الجمركية من أجل الحماية ضدّ منافسة بلد أنجز وأتم تحوّله الصناعي. في اقتصاد يقوم على الربح، لا يمكن لأيّ تحوّل تقني أن يتمّ دون استثمارات كبيرة مضمونة المردود حتماً.

مهما يكن، ما نزال ضمن النظام التقني نفسه. وما كان يُراد به أساساً من وراء هذه التحسينات هو تخفيض تكاليف الإنتاج أيضاً، عبر استعمال أفضل للمادّة الأوّلية وعبر زيادة الإنتاجية.

من المدهش أن نلاحظ في مجال الطاقة تواصلاً في التطوّر التقني وفي الوقت نفسه بالنسبة للتقنيات القديمة، تقنيات الطاقة الهيدرولية، وبالنسبة للتقنيات الجديدة، تقنيات مكنة البخار. حتّى أنّنا نرى، في الحالة الأولى، هذه التقنيات القديمة تلتحق بعد تعديلها بالنظام التقني الذي يليها. لقد ذكرنا بعض المحاولات في تربينات بدائية: مثل عجلات بازاكل Bazacle، التي لم تكن تعطي أكثر من 15 إلى 20% من قوّة الشلاّل النظرية، هكذا كانت مشاريع برانكا Branca (1629) وباركر Barker (1741) من أجل استعمال العجلات النفّاثة التي وضع نظريّتها أولر Euler (1750-1754)، والتي جرت محاولات كثيرة عليها عند نهاية القرن الثامن عشر وفي السنوات الأولى من التاسع عشر. كانت العجلات التقليدية تُنتقَد لأنّها كانت تغرق إذا ارتفع مستوى الماء وتتوقّف عن الدوران، لأنّها لم تكن تستعمل سوى شلاّلات قليلة الارتفاع ممّا كان يستدعي تجزئة الشلاّلات الكبيرة، لأنّها كانت كبيرة الوزن، لأنّ مردودها لم يكن جيّداً إلاّ عند دورانها بسرعة ضعيفة، حيث كانت التشبيكات تمتصّ قدراً من قوّتها. لقد طرحت شركة التشجيع المسألة في برنامجها واقترحت جائزة مغيّنة. سنة 1822 قدّم المهندس بوردان Burdin حلاً لم يكن سوى طرح نظري يفتقر إلى الوضوح. في الواقع كان عبارة عن آلة أولر من سنة 1754. وجرت محاولة في آرد سور كوز Ardes - Sur - Couzes، سنة 1828، وكان يتوقّع مردود من 65 إلى 70%.

في ذلك العصر كان فورنيرون Fourneyron، وهو تلميذ بوردان، قد نجح في تدوير تربينته الأولى (نيسان 1827). كما سارت تربينتان غيرها في مجال صناعي وكانت قوّة إحداهما تبلغ 50 حصاناً بخارياً. في نفس الوقت كان فورنيرون قد كتب بحثاً في صنع التربينات، يتضمّن النظرية الكاملة، القائمة على مبدأ القوى الحيّة، «للعجلة الشاملة والمتّصلة

أو التربينة الهيدرولية». كان فورنيرون قد نجح في جرّ الماء، دون أيّ خسارة أي مع طاقتها الكامنة كاملة، على بضعة سنتيمترات من قناة التسّرب؛ وكان يجرّها تحت الزاوية المناسبة إلى المستقبل حيث يجرّدها من كلّ طاقتها في وقت قصير للغاية وعلى مدى حُدّد أقصى ما يمكن، دون أن يترك لها عند الخروج سوى السرعة الضرورية لتفريغها. كانت التربينة الجديدة تدور تحت الماء، غير عابئة بفيضانات مهرب الطاحون أو بالتجلّد. هذه التربينة، التي أقيمت في بون سور لونيون Pont - sur - l'Ognon (دوبس Doubs)، كانت تدوّر مصفّحة للحديد، وكانت تعطي 6 أحصنة بخارية تحت شلاّل ارتفاعه 1,40 م، أمّا نسبة المفعول الحاصل من المفعول النظري فكانت 80% في التجارب الأولى و 87% خلال التجارب اللاحقة. التربينتان الأخريان استعملتا من أجل منفخ مصهر دامبيير Dampierre، ومحارف الحديد في فريزان Fraisans مع 50 حصاناً بخارياً. في إنفال Inval وصلنا إلى 80 حصاناً بخارياً في مصنع للنسيج، وإلى 220 حصاناً بخارياً في أوغسبورغ Augsbourg في مصنع للغزل. سنة 1835 ومن أجل مصنع غزل يقع في سان ـ بليز Saint - Blaise، في منطقة لافوريه ـ نوار la Forêt Noire، تمّ درس مشروع تجهيز شلاّلين يبلغ ارتفاعهما 108 و 114 م: وقد أنجز سنتي 1837 و 1838.

كان الاختراع مهمّاً من حيث كان يستطيع منافسة مكنات البخار في المناطق الواقعة بعيداً عن الموارد الفحمية. لقد كان على أيّ حال امتداداً لاستعمال الطاقة الهيدرولية كما سمح في بعض البلدان، مثل الولايات المتّحدة، بعمليّة تصنيع دون حاجة للفحم.

كذلك عرفت المكنة البخارية عدداً من التحسينات المهمّة تتعلّق بحركتها أو بمردودها. لقد بُحث في استعمال مؤلدات بخار ذات ضغط مرتفع بشكل يسمح باستعمال الإنبساط كلّياً كما تمّ تحسين نظام توزيع البخار أو حكّاكات المكابس. الضغط العالي اعتمده تريفيثيك Trevithick (1797) ثمّ إيفانس Evans (1804). أمّا آرثر وولف Arthur Woolf فقد وضع أخيراً آلة مزدوجة التمدّد وعالية الضغط، أو آلة Compound كما سمّيت (1811) وقد وفّرت من الوقود بنسبة 50%. وفقط سنة 1830 تصوّر سيغان Seguin مولّد البخار الأنبوبي مع مساحة تسخين كبيرة. سنة 1797، استعمل إدموند كارترايت Edmund Cartwright للمرّة الأولى، للمكابس، معدناً مضاداً للاحتكاك. كما تصوّر بارتن Barton سنة 1816 أهلّة مدفوعة تجاه الجوانب بواسطة نوابض صغيرة. أمّا التوزيع بواسطة مفاتيح رباعية السبل، ثمّ بواسطة صمامات (موردوك Murdock، 1799) فقد اختصر من أعضاء التوزيع. سنة 1836، حصل فاركوه Farcot على براءة بأوّل توزيع استعمل الانبساط المتغيّر بواسطة الضابط. وفي سنة 1807 كان الإنكليزي مودسلي Maudslay قد توصّل إلى إلغاء

الموازن، بينما كان قضيب المكبس موجّهاً عامودياً بواسطة مزلقتين، عن طريق عجلة يحملها في طرفه. مانبي Manby، سنة 1815، حصل على أوّل براءة بمكنة ذات اسطوانة مترجّحة. ويمكننا ذكر براءات كثيرة تبحث عن تحسينات في مكنة البخار، إلاّ أنّ شيئاً لم يتغيّر في مبدئها ولا حتّى في التفاصيل الأساسية، فقد بقيت نتيجة ما فعله واط Watt: فقط أدّى العمل إلى إلغاء بعض العيوب، والباقي قامت به موادّ مكيّفة أكثر وبعض الأفكار الذكية.

في مجال تقنيات الاستثمار، كان التطوّر بطيئاً وجزئياً: فقد بقيت هذه التقنيات ضمن الخط الذي ارتسم منذ القرن الثامن عشر، دون أيّ تغيير جذري.

بالنسبة للزراعة، استفادت أدوات العمل من التطوّرات التي جرت في التقنيات المجاورة. فكان التجديد عبارة عن استبدال الأدوات الخشبية بالحديدية، ومكننة بعض العمليات. اهتمّ كلّ من ماتيو دو-دومبال Mathieu de Dombasle في مزرعته في روفيل Roville، وبيلاّ Bella في مدرسة غرينيون Grignon بتحسين المحاريث وتنويع نماذجها تبعاً لنوع الحراثة المطلوبة، وتبعاً لنوع التربة. وقد بدأت هذه الأدوات تصنع مذ ذاك من المعدن، إلاّ أنّ فوندور Fondeur، سنة 1825، وضع محراث برابان المزدوج، مع قصبة من الخشب وسكك مثلّثة مع مقالب حلزونية من الخشب، وكان هذا المحراث سلف الآلات المستعملة اليوم. سنة 1837، صنع الأمريكي جون دير John Deere أوّل سكّة من الفولاذ.

كانت المكننة قد ظهرت في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. كان يجب فقط إتقان الآلات وجعلها أدوات مناسبة وعملية. صنع جيمس سميث James Smith، نحو العام 1800، مذرّة بسكك مترابطة، وعلى مدى كلّ النصف الأوّل من القرن التاسع عشر ظهر عدد كبير من أنواع المذرّات. أمّا روبرت ميرز Robert Meares وتايلور Taylor فقد بدآ الأبحاث حول الحصّادات من النوع الحديث. وأولى الحصّادات الكبيرة التي سارت بشكل جيّد كانت حصّادة ماك كورميك Mac Cormick (1831-1833) وهوسّي Hussey (1833). وفي سنة 1834 وضع هاريس مور Harris Moore أوّل حصّادة ـ درّاسة، حيث كانت الدرّاسة تعود إلى تجارب مايكل Meikle ، سنة 1775. وكذلك سنة 1834 جُرّب أوّل محراث تحرّكه مكنة بخار وسلك.

في مجال النباتات المزروعة وإصلاح الأراضي كانت التطوّرات أبطأ أيضاً وغير ملحوظة. لكن يجب أن نذكر الجهود التي بذلت من أجل حماية الزراعات، دون الكثير من النتائج. ونشير إلى نجاح مساعي راكليه Raclet، سنة 1828، في مكافحته ضدّ قاتلة الكرمة، بواسطة إيغار الأخشاب أي معالجتها بالماء الغالي قبل انطلاق التنبّت.

وتقدّمت تربية الماشية بفضل نجاح بعض الأعراق، لا سيّما الأعراق التي أنشأها

الإنكليز. وقد جرى تزاوج العرق ديشلي Dishley، الذي استورد إلى فرنسا سنة 1833، مع خرفان المرينوس سنة 1837. وكان الأخوان كولينغ Colling سنة 1785، قد أطلقا من الثور الشهير هابك Hubback، العرق البقري دارهم Durham، الذي حمل أيضاً إلى أوروبا (1825 في نيفرني Nivernais). كذلك الأمر بالنسبة للخنزير: حيث وصل النوع يوركشاير Yorkshire إلى فرنسا منذ 1819. وبين السنتين 1815 و 1830 أوجد الفرنسيون أكبر عرقي أحصنة الجرّ، عرقاً للجرّ الثقيل وآخر للجرّ الخفيف.

كلّ هذه الجهود لم تفعل أكثر من تثبيت وتحسين النظام الزراعي الذي ولد في القرن الثامن عشر. وكان هذا النظام الزراعي، المرتبط بالتحوّلات الزراعية والاجتماعية، يبدو مناسباً تماماً للأمكنة الغنية في المنطقة المعتدلة.

في ما يتعلّق بالمناجم، كانت التطوّرات محدودة للغاية ونوعاً ما جانبية. اختراع هامفري دايفي Humphrey Davy، سنة 1816، للمصباح ذي القماشة المعدنية، وهو مصباح أمان بالنسبة للغريز أي غاز المناجم، والتحسين الملحوظ في تقنيات التهوية، وظهور أوّل بئر استخراج وضعه ت. هول T. Y. Hall سنة 1833، هذه هي تقريباً الأحداث الوحيدة التي تجدر الإشارة إليها. ولكن نذكر أيضاً، مقتربين من منتصف القرن التاسع عشر، طريقة تبطين البئر. لقد كانت الصناعة المنجمية تكتفي بالاستفادة ممّا كان ينجز في التقنيات المجاورة.

أمّا الصناعة الحديدية فقد عرفت تغيّرات تقنية مهمّة اتّجهت كلّها صوب الهدف: تخفيض استهلاك المواد الأوّلية، خاصة في المصهر العالي، زيادة الإنتاجية في العمليات الأخرى، كالتسويط والتصفيح، وابتكار أدوات جديدة للتطريق.

بالطبع حافظ المصهر العالي على شكله الذي اتخذه منذ ولادته، أي في القرن الخامس عشر، إلاّ أنّه تلقّى تطوّرين مهمّين خفّفا بشكل ملحوظ من تكاليف الإنتاج.

الاختراع الأوّل كان إختراع الهواء الساخن، العائد إلى الإنكليزي نيلسن Neilson سنة 1828. ومنذ سنة 1830، توصّلنا إلى نفخ هواء تبلغ حرارته 315. بالطبع كان يجب أخذ بعض الhاحتياطات، لا سيّما أثناء تبريد المواسير. لقد سمحت هذه الطريقة بتخفيض نسبة استهلاك الوقود بشكل ملحوظ، ففي مصانع الحديد في منطقة كلايد Clyde إنتقل استهلاك الفحم من أحد عشر طنّاً سنة 1811 إلى ثمانية سنة 1828، أربعة سنة 1831 واثنين ونصف سنة 1832، وسرعان ما وضع الجهاز موضع العمل. كذلك نجح الفرنسي كابرول Cabrol سنة 1833 بالحصول على نفس التوفير معتمداً أجهزة مختلفة. أمّا الاختراع الثاني، وهو فرنسي على ما يبدو، فلم يكن أقلّ أهمّية.

كانت استعادة الغازات من فوهة الفرن تعطي طاقة حرارية كانت مهملة في ما مضى، وقد استخدمت في آن واحد من أجل تسخين الهواء المنفوخ في الأفران ومن أجل مكنات البخار: إذن نجد هنا توفيراً آخر مهمّاً في الوقود.

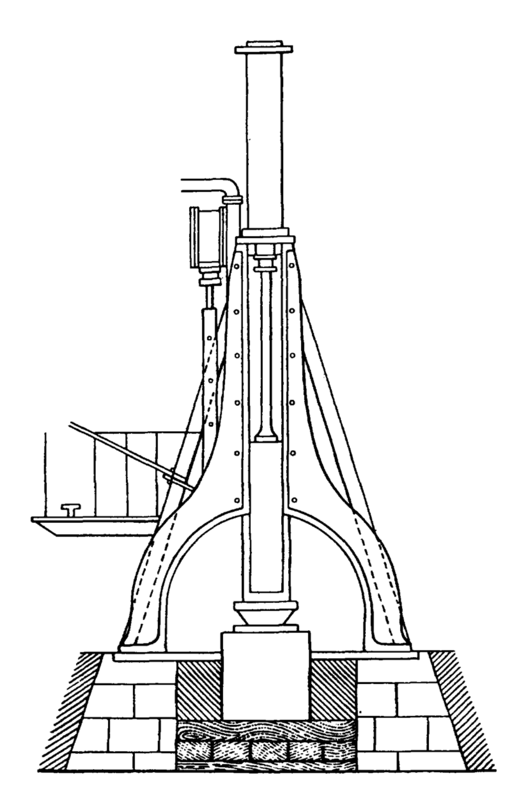
في الوقت نفسه كان الجهاز نفسه، أي الفرن العالي، يجذب اهتمام التقنيين. لقد كان النقاش دائراً منذ القرن الثامن عشر حول أشكال الفرن، دون الوصول إلى نتائج قيّمة. والجميع كان مسلماً بأهمّية هذه الأشكال، من أجل إنزال الحمولات بشكل منتظم وبالتالي من أجل تسيير الفرن بصورة جيّدة. في كتيّب صدر سنة 1839، ذكر أحد معلّمي الحدادة في ستافوردشاير Staffordshire، وهو جون غيبنز John Gibbons، أهمّية الشكل الحديث للفرن: كان يعتقد أنّه يجب إزالة انحدارات المناضد وتمديد هذه المناضد إلى أعلى مع إعطائها انحناء أقوى.

تبعاً لما تصوّره كورت Cort لم يكن فرن التسويط أداة كاملة. وفي السنوات 1816 ـ 1818 اقترح الإنكليزي رودجرز Rogers فكرة تغطية أرضه بالآهن ثم جوانبه بعد عدد من السنوات. هكذا تم الغاء سيعات الفرن التي كانت تضطر إلى عمليّة تنقية مسبقة. وازداد إنتاج الأفران الأسبوعي من ثمانية أطنان إلى عشرين. كما أنّ جوزف هول Joseph Hall قد تصوّر في السنوات 1825-1832، التسويط الساخن للتقليل هنا أيضاً من استهلاك الوقود.

أمّا المصفِّحة فقد تحسّنت ببطء ويبقى تاريخها لسوء الحظّ غير معروف تماماً. ما نعرفه هو أنّ النصف الأوّل من القرن التاسع عشر شهد ظهور المطرقة ـ الهاون، في السنوات 1839-1841، التي يتنازع ملكيّة اختراعها الفرنسي بوردون Bourdon والإنكليزي ناسميث Nasmyth (شكل 25). من جهة أخرى هناك آخرون فكّروا بها: واط نفسه وأيضاً الفرنسي كافيه Cavé. والهدف الأساسي من وراء هذه الأداة الجديدة كان شغل القطع الحديدية الكبيرة، ولا سيّما المحاور الحلزونية في السفن البخارية.

إذا أضفنا إلى هذه اللائحة تطوّرات بعض التقنيات المكمّلة، مثل صناعة الكوك، وحرق المعادن غير الخالصة من أجل تنقيتها، نرى أنّ الصناعة الحديدية دفعت بتقنياتها أيضاً نحو تقدّمها الأكمل، وذلك بمتابعتها الطريق التي رسمها لها القرن الإنكليزي الثامن عشر. وعن هذا نتج انخفاض واضح في تكاليف الإنتاج وازدياد في الإنتاجية. عندئذٍ فقط تمكّنت التقنيات المستعملة من أن تأخذ انطلاقتها بدورها وتعرف كلّ التطوّرات الممكنة.

إنّ أولى النتائج لوحظت في مجال وسائل النقل، فما كان مجرّد ملامح عند نهاية القرن الثامن عشر أصبح تحوّلاً عميقاً في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر.



شكل 25 ــ أول مطرقة ــ هلون وضعها بوردون Bourdon.

كانت أولى السفن البخارية سفناً نهرية. هكذا كان بالنسبة لجوفروا دابان Jouffroy d'Abbans الذي أدار سنة 1783 أوّل مركب بخاري بعد محاولات أجراها قبله آخرون. وهكذا أيضاً بالنسبة لفالتون Fulton في السنتين 1803 و 1807. وانطلاقاً من سنة 1815 بدأ التفكير بصناعة سفن بخارية بحرية. كانت سفينة «إيليز Élise» أوّل سفينة اجتازت بحر المانش وذلك سنة 1816، وسفينة «سافانا Savannah» أوّل سفينة اجتازت المحيط الأطلسي، سنة 1819. كلّ هذه السفن كانت ما تزال تقليدية المظهر: هياكل من الخشب، وعدد من الأشرعة، تسيّرها الريح خلال القسم الأكبر من الرحلة. ثمّ جاءت السفينة «سيريوس Sirius» وكانت أوّل سفينة قطعت المحيط الأطلسي باعتمادها فقط على البخار، وكان هذا سنة 1837.

في البداية كانت كلّ هذه السفن معجّلة، والمعروف أنّه كان يلزم عجلات ضخمة كانت تعيق بحجمها ووزنها سير المركب. عن المروحة كان قد حُكي منذ القرن الثامن عشر، وأوّل من استخدمها فعلاً كان جون فيتش John Fitch، عام 1796: لقد كانت عبارة عن لولب بسنّ واحدة ترسم ثلاث دورات متتالية مغطّسة قسماً من قطرها فقط، لكنّ المحاولات لم تكن مقنعة تماماً. كذلك لم يلق لولب ريسيل (1812) Ressel النجاح المتوخّى. ثمّ جاء الفرنسي سوفاج Sauvage ووضع بين السنتين 1836 و 1837 المروحة ذات الشفرات كما نعرفها اليوم. في الواقع كان قد تصوّرها مونييه Meusnier سنة 1784 من أجل الدفع الهوائي ووضعت كدافع بحري من قبل بوشنيل Bushnell سنة 1776، وفالتون Fulton سنة 1800 وستيفنز Stevens سنة 1804. لا شك في أنّ المروحة ألغت العجلات الكبيرة ذات الريش لكنّها طرحت مشاكل أخرى، لا سيّما محاور التوزيع التي من أجلها اخترعت المطرقة الهاون.

التطوّر الأخير، المرتبط جزئياً بالتطوّرات السابقة، كان الهيكل الحديدي. هنا أيضاً كانت السفن الأولى عبارة عن زوارق نهرية: السفينة الأولى سارت كما يبدو سنة 1777 على نهر فوس Foss، في منطقة يوركشاير Yorkshire. ثمّ تمّ صنع زوارق صغيرة كانت ما تزال بعض أجزائها خشبية. أمّا أوّل سفينة بخارية من الحديد فكانت سفينة «آرون مانبي Aaron Manby» التي حملت اسم صاحبها (1822)، وقد أرسلت قطعاً منفصلة إلى باريس كي تقطع المسافة بين باريس والهافر Havre. كذلك أرسلت السفينة التالية، أي «تجارة باريس» (1823) من نفس الصانع وللقيام بنفس الرحلة، قطعاً منفصلة. سنة 1828 كانت خمس سفن بخارية من الحديد تعمل على نهر السين Seine. في حين أنّ السفن الخشبية، كما يذكر م. دولفوس M. Dolfus، لم تكن تتمكّن من القيام بأكثر من عشرين رحلة في السنة الواحدة بين روان Rouen والهافر، محمّلة 3300 برميل، فإنّ كلاً من السفن الحديدية كانت تقوم

بستّ وثلاثين أو أربعين رحلة، محمّلة 5000 برميل. وسرعان ما انضمّت إنكلترا والولايات المتّحدة إلى القافلة.

كذلك تحوّلت المراكب البحرية إلى الحديد، وأوّل سفينة بحرية مصنوعة من الحديد فقط كانت «الجوانب الحديدية Iron Sides» التي وضعت سنة 1838 عندما اجتازت الأطلسي. وفي سنة 1839، كانت سفينة «ملكة الشرق Queen of the East» تقوم بخدمتها بين لندن وكالكوتا Calcutta، وكانت تزن 2618 طناً، مع آلة بقوّة ستمائة حصان. كلّ هذه الجهود المتضافرة أدّت إلى سفينة «بريطانيا العظمى» وكانت سفينة مصنوعة كلّياً من الحديد، مدفوعة بواسطة مروحة، على البخار، صنعها برونيل Brunel سنة 1844. إلا أنّها كانت ما تزال شراعية، وكانت سماكة صفائح إزارها تبلغ من اثني عشر إلى خمسة عشر ملّيمتراً، أمّا قوّة الآلة فكانت تبلغ خمسمائة حصان. هذه السفينة كانت تستطيع أن تقطع إحدى عشر عقدة، وقد اجتازت الأطلسي بأربعة عشر يوماً بدلاً من ثمانية وعشرين لدى سفينة «سافانا». تجدر الإشارة إلى أنّ هيكل «بريطانيا العظمى» ما زال موجوداً، ما يدلّ على جودة المعدن المستعمل. إنّ أغلبية السفن المروحية الأولى كانت من الحديد ممّا يدلّ على تطوّر مزدوج.

إن ظهور السكك الحديدية الأولى، وهي أفضل إنجاز للجرّ البخاري البرّي، معروف جدّاً ولا داعي للتركيز عليه مطوّلاً هنا. بعد محاولات تريفيثيك Trevithick الأولى سنة 1801، وضع ستيفنسن Stephenson أوّل قاطرة عملية على البخار سنة 1814، وأكمل نموذج عنها كان «الروكيت Rocket» سنة 1829. بعد ذلك بقليل قدّم مولّد البخار الأنبوبي الذي وضعه سيغانSeguin تطوّراً أوّل مهمّاً، وظهرت أوّل قاطرة ذات ناقلة حديدية سنة 1833. أمّا «نجمة الشمال North Star» التي صنعت في أواخر الفترة التي نتناولها فكانت تجرّ قطارات بسرعة ستّة وأربعين كيلومتراً في الساعة.

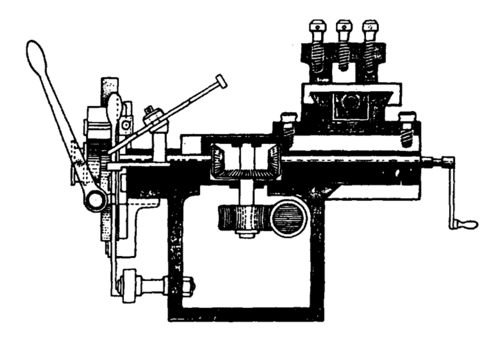
لقد طرح تطوّر صناعة السكك الحديدية مشاكل تقنية عديدة، من جميع الأنواع: مالية (تكوين رأس مال كبير)، قانونية (نزع ملكية الأراضي)، مؤسسية (تقديم الامتيازات) وتقنية مباشرة. بالإضافة إلى التقنيات المتمّمة (كتقنيات الأشغال العامّة التي تطوّرت بشكل ملحوظ) كانت عمليّة فتح سكك الحديد تتطلّب من الصناعة الحديدية تعديلات مهمّة. كانت سكّة الحديد أفضل بكثير من سكّة الآهن سريعة العطب. إذن كان يجب تنفيذ طرق للتصفيح، مع أسطوانات متصلة، تعطي مباشرة الكمّية المطلوبة من السكك وبأشكال متكيّفة. وكانت التحسينات تطال في وقت واحد الحمولات الواجب نقلها وسرعة القطارات، أمّا شكل عجلات الحافلة والمكنات فكان يتعلّق بشكل السكّة. منذ أوّل قاطرة له

في سنة 1814 وضع ستيفنسن عجلات ذات حرف بينما في أماكن أخرى كنا نجد سككاً ذات حرف، وقد رجحت فكرة ستيفنسن. كما طرحت مسألة صلابة العجلة وفقط في نهاية الفترة، ولتجنّب التكاليف الكبيرة، بدأ وضع إطارة للعجلة، ثمّ الإطارة دون لحام. كما نذكر مسألة الحافلات، ومسألة الكبح.

ربّما بإمكاننا أكثر من أيّ مكان آخر أن نقيس مدى أهمّية مفهوم النظام التقني. كانت السكّة الحديدية تستخدم التقنيات المتنوّعة وتستعمل مادّة أو مواداً مختلفة للغاية. إذن كان من الضروري من جهة أن تكون كلّ التقنيات على نفس المستوى وأن يكون من جهة أخرى بإمكان التحسينات المتواصلة أن تخفّض التكاليف بصورة ملحوظة. كذلك ندرك الضغط الذي كان بوسع سكّة الحديد أن تقوم به على التقنيات الأبرز، لا سيّما التقنيات الحديدية والميكانيكية.

كان لا بدّ لاستعمال المعدن بشكل انتشر أكثر فأكثر ولطلب تزايد باستمرار من أن يؤدّيا إلى تحوّلات متوازية في مجال الآلات ـ الأدوات. بالطبع كانت الأدوات الرئيسية في الآلات مستعملة قبل سنة 1800 (أدوات المخارط أو المناجر، المثقب، آلة التقوير، البرغي والفريزة). كذلك كانت بعض الإنجازات قد رأت النور، ولكن لم تكن هذه سوى انطلاقة متواضعة. بعد ذلك أخذ الصانعون يجهدون من جهة في تأمين الصلابة لجهازهم باستعمالهم المعدن بشكل عام، الآهن أو الحديد، ومن جهة أخرى بنقل مهارة العامل إلى الآلة. وقد كان الإنكليز روّاداً حقيقيين في هذا المجال: هـ. مودسلي، روبرتس Roberts وشارب Sharpe، ناسميث، ويذوورث Withworth وفوكس Fox، جميعهم عرفوا كيف يصنعون الآلة ـ الأداة ضمن إطارها الحقيقي الحديث. يتعيّن كذلك أن نذكر الفرنسيين كالاّ Calla، ديكوستير Decoster وكافيه.

بعد ذلك عرفت المخرطة ذات المجرّ، ومنها انتقلنا إلى المخارط المتوازية (روبرتس، سنة 1817)، قضيب التسطين (فوكس)، وفصل ماسكة النصلة عن دمية المخرطة. وعندما أصبح التدوير يتمّ أوتوماتيكياً على مخرطة ويذوورث للتسطين واللولبة (1835)، تحوّل العامل إلى مجرّد مراقب (شكل 26). سنة 1839 حصل بودمر Bodmer على براءة بالمخرطة العامودية (منجرة رحوية). أمّا مخرطة ويذوورث لصنع اللوالب الخشبية (1835) فكانت تستعمل أواليات أدّت إلى أتمتة أكثر تقدّماً: مقدّم الساعدة، شدّ بواسطة ملاقط تديرها جُلبة مخروطية، محور بحدبات. كذلك وضعت آلات للتقوير عامودية (1840)، وكانت مناجر فوكس (1814)، روبرتس (1817)، كليمنت وويذوورث (1835) تدلّ على مراحل تطوّر سريع.



شكل 26 ــ مخرطة ويذوورث Withworth (1835).

(عن ر. س. وودبري، «Studies in the History of Machine Tools R.S. Woodbury» كامبردج، M.I.T، 1972).

من الضروري دراسة تطوّر الأداة ـ الآلة هذا بشكل منهجي، وهناك بعض الأبحاث التي وُضعت إلاّ أنّ أيّاً منها لم يكن عملاً تركيبياً فعلاً. إلاّ أنّه تجدر الإشارة إلى نقطتين. الاولى تتعلّق ببنية الآلة نفسها: تحسين التشبيكات وطريقة تقويرها (ظهرت آلات صنع التشبيكات مع بيهيه Pihet سنة 1827، ويذوورث سنة 1835، ديكوستير سنة 1843)، وتحسين في التوزيعات الحركية (هنا نذكّر ببراءة غال Galle، سنة 1829، من أجل سلسلته المترابطة). أمّا النقطة الثانية، وقد سبق أن أشرنا إليها، فهي تأثير وضغط التقنيات الأخرى. أيضاً يجب ذكر تطوّر سكك الحديد وصناعة السفن: حيث ولدت مخارط العجلات، آلات الثني وآلات التقويس من حاجة هذه الصناعات لها.

كانت التطوّرات في مجال التقنيات النسيجية كبيرة خلال القرن الثامن عشر، ولكن كانت تنقص بعض الأمور. بالنسبة للغزل، كان القرن المذكور قد قدّم آلات إن لم تكن كاملة فقد كانت على الأقلّ متقدّمة جدّاً. استعمال المعدن، تحسين الأوليات وأنظمة التوقّف، ازدياد عدد المكاكي، وإتقان المواد أكثر فأكثر كلّها أدّت إلى آلات تعمل بنفسها (Self acting). انتقل عدد الأسياخ في الآلة من ثمانين سنة 1800 إلى أكثر من مئتين نحو سنة 1825، وإلى نحو أربعمائة سنة 1835 وستمائة سنة 1845. وفي نهاية الفترة اقتربنا من 6000 دورة بالدقيقة الواحدة. كذلك جرت تطوّرات ملموسة في تحضير المواد: كان الأمريكي

الياس ويتني Elias Whitney قد اخترع محلجة القطن سنة 1793؛ أمّا الحلاجة الآلية من أجل الألياف الطويلة، والتي وضعها ماك كارثي Mac Carthy، فتعود إلى سنة 1845. ومنذ سنة 1810 تصوّر الفرنسي فيليب دو جيرار Philippe de Girard آلة غزل الكتّان.

لم يكن هناك نسيج آلي فعلي إلاّ عندما بدأ إجراء العمليّات الأساسية دون تدخّل الإنسان: فتح الفوج، انتقال اللحمة المكرورة، رصّ بواسطة الحلاجة وتقدّم السداة تدريجياً. كانت آلة كارترايت Cartwright من سنة 1785 ما تزال من الخشب وناقصة، فاستعمال المعدن وإتقان الأواليات تمّا في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر: من أشهر الحرفيين نذكر هورروكس Horrocks، روبرتس وهاترسلي Hattersley في إنكلترا، هيلمان Heilmann، كوشلان Koechlin ومانيان Magnan في فرنسا، شونهر Schönherr في ألمانيا. وشيئاً فشيئاً وضعت أواليات الضبط والتحكّم موضع التنفيذ. منذ 1796، كان ميلر قد اخترع المصدّ لوقف المضربة عندما يتعطّل المكّوك أثناء العمل. وظهرت الأنوال الثقيلة والعريضة بين العامين 1823 و 1845، إلاّ أنّ التطوّر لم يكن سريعاً كما قد يتصوّر لنا، حيث اصطدم بعدد من العوائق. في مجال صناعة الحرير، ألّف جاكار Jacquard بين نولي فالكون وفوكانسون: حيث أدخل السيران الآلي لسبحة المستطيلات الكرتونية التي كان قد تصوّرها، قبله بقرن تقريباً، فالكون.

كذلك جرت تحسينات في طرق التحضير، فالدعك آلياً يعود إلى 1838، وكانت آلات الجزّ قد صُنعت للمرّة الأولى سنة 1792 عن طريق الأمريكي س. دور S.G. Dorr، من آلبني Albany، وقد استعمل سنة 1807 شفرات حلزونية قبل أن يتوصّل إليس Ellis سنة 1819 إلى الجزّ الآلي.

هذه التطوّرات الثابتة قادت الصناعات النسيجية تقريباً إلى نقطة اكتمالها المؤقّتة. إذن استمرّت الانطلاقة التي أعطاها لها الإنكليز في القرن الثامن عشر على مدى ما يقارب قرناً من الزمن.

بالنسبة للصناعة الكيميائية فإنّ ملامحها بدأت بالظهور عند نهاية القرن الثامن عشر، ولم تقف فعلاً على قدميها إلاّ في النصف الأول من القرن التاسع عشر. إنّ إنتاج الحرض الاصطناعي بدأ ما بين 1810 و 1820، وفي هذا الوقت وجد حمض الكبريتيك مجال عمل له: حيث تمّ توسيع أبعاد حجرات الرصاص بصورة ملحوظة. كذلك كان يجب تحسين عملية احتراق الكبريت، باستعمال مجرّ يمكن إعادة شحنه بسهولة. كان الأنهدريد الكبريتيك يُمتصّ من قبل الماء التي تغطّي الأرض. ثمّ جرى تسييل هذه الماء على جوانب الحجرة، وبين العامين 1820 و 1825، أخذت الماء ترشح عن طريق منحدر يقع في الأعلى.

بعد ذلك ظهرت الحجرات المتتالية. كما جرت محاولة تحسين طريقة بوريطس النحاس، من أجل تخفيض سعر التكلفة: وسرعان ما اكتسحت اختراعات الفرنسي بيرّيه Perret كلّ الصناعة الكيميائية.

بعد ذلك، تمّ أيضاً إتقان طريقة لوبلان Leblanc باستعمال فرن مزدوج عاكس: في الأوّل كان الكلورور يتحوّل إلى سلفات وفي الثاني السلفات إلى كربونات. وضع الأفران وطرق غسل الحرض عند الخروج، تعرّض لتحوّلات بطيئة. كذلك مع تزايد إنتاج الحرض كان يجب استرداد غاز الكلوريدريك، وسنة 1830 قال الإنكليزي غاسدج W. Gossage بتمرير الغاز في برج مغطّى بالكوك ترشح فيه الماء فكانت النتيجة الحاصلة تسمح بتحضير الكلور الذي بدأت صناعة النسيج تطلبه أكثر فأكثر.

عند نهاية القرن الثامن عشر كنّا نعرف أنّ تقطير الفحم الحجري يعطي غازاً قابلاً للاشتعال. بين العامين 1790 و 1800، نجح وليام موردوك في إنكلترا وفيليب لوبون Philippe Lebon في فرنسا في التقاط غاز التقطير وأخـذه إلى حارق مضيء الشعلة. منذ سنة 1802 في محارف بولتن وواط في سوهو Soho، ومنذ سنة 1805 في مغزل في مانشستر كان يُستخدم الغاز للإنارة اللازمة. وأوّل شركة استثمار له ظهرت سنة 1812؛ كان يلزم تحسينات كثيرة وبطيئة قبل الوصول نحو الأعوام 1820 ـ 1830 إلى أجهزة نهائية نوعاً ما للتقطير والتخزين. وبالتالي سرعان ما تعلّمنا كيف نستعمل منتجات التقطير الثانوية، مثل مادّة القطران.

أما ظهور تقنيات جديدة في مجال التغذية فقد حصل بفعل ظروف خاصّة، مثل الحصار والحروب التي تسبّبت بنضب موارد السكّر في المستعمرات. في نهاية القرن الثامن عشر كان الألماني أكارد Achard قد وصف طريقة لاستخراج السكّر من الشمندر. بعد محاولات عقيمة حول سكّر العنب، درس ديرون Derosne استخراج سكّر الشمندر بدءاً من سنة 1806، وفي سنة 1812 أقيم في باسي Passy أوّل معمل للسكّر. من هنا ولدت آلة البشر والمعصرة الهيدرولية التي أدخلها بيرييه Périer إلى فرنسا. جرت التصفية أوّلاً بواسطة حمض الكبريتيك، ثمّ بواسطة الكلس، إلى أن اكتشف بيير فيغييه Pierre Figuier سنة 1811 الخصائص الممتصّة ومزيلة اللون للفحم الحيواني. كما أنّ البخار ساهم في طرق الحرك والضخّ، وبقيت التحسينات تطرأ على إنتاج السكّر على مدى النصف الأوّل من القرن التاسع عشر.

أمّا مسألة التموين الغذائي فقد طرحت تبعاً للأسفار الطويلة ومشكلة تزويد الجيوش الكبيرة بالقوت أثناء حملاتها. من هنا جاءت صناعة المعلّبات وقد طرحت في الواقع مسألة

مزدوجة: من جهة تحضير المادّة، ومن جهة اكتشاف وعاء من مادّة أكثر صلابة من الزجاج. المعروف أنّ صانع المربّيات نيكولا أبّير Nicolas Appert، هو الذي استخدم القدر الضاغطة من أجل القضاء على أسباب التخمير، وكان ذلك في عهد الامبراطورية. المشكلة الثانية حلّت عن طريق استعمال الإنكليز نحو سنة 1812 علباً من الصفيح الملحوم. ولدت صناعة المعلّبات ولكن فقط من أجل عدد معيّن من المواد الغذائية.

بهذا الشكل يتراءى لنا ترابط النظام التقني الجديد الذي يبدو أنّه وصل إلى أوج تقدّمه نحو سنة 1850. ويمكننا التأكّد من هذا الرأي بسهولة عبر تحليل تطوّر تقنيات أخرى يتطلّب منّا تخصيص صفحات كثيرة. ولقد كان هذا النظام التقني الجديد قائماً على عناصر أساسية ثلاثة:

أ) حتماً سمح تعميم استعمال المعدن بتطوّر عدد كبير من التقنيات: إتقان آلية حقيقية متقدّمة، تغيّر كلّي في تقنيات المواصلات. حتّى أنّ الحديد بدأ يطغى على البناء: بعد هيكل مسرح بوردو Bordeaux، افتتح كلّ من جسر الفنون وقبّة سوق القمح في باريس عصراً جديداً تأكّد مع بناء مزرعة بولونسوه Polonceau. مذ ذاك أصبح استعمال المعدن شاملاً فعلاً، نازعاً الخشب عن عرشه نهائياً.

ب) حرّرت المكنة البخارية إنتاج الطاقة من قيود الطبيعة وأصبحت بدورها طاقة شاملة هي أيضاً بفضل آلية متطوّرة، ولقد رأينا كلّ الربح الذي يمكن جنيه من الآلة المتحرّكة. رغم بعض السيّئات، كالوزن والإعاقة، كانت مكنة البخار تطبّق في الصناعة كما في النقل.

ج) أخيراً كان الفحم يربط ما بين العنصرين السابقين. جرى تكييفه مع الصناعة الحديدية وكلّ استعمالات الطاقة الحرارية، كما كان عبارة عن المحروق الأمثل بالنسبة لمكنة البخار.

إذا أضفنا إلى هذا ما اكتسبته الصناعة الكيميائية مقدّمة عدداً كبيراً من المنتجات الجديدة، يمكننا أن نعتبر أنّ العالم غيّر فعلاً في توازنه. وحتّى في القطاعات الأكثر تقليدية، مثل الزراعة، عرفت التقنيات تحوّلات وضعتها في مصاف التقنيات الأخرى.

مظاهر الثورة التقنية

باستثناء بعض القطاعات المحدودة، فإنّ التاريخ التقني لهذه الثورة التقنية قد كتب ولكن ربّما ليس بدرجة كافية من التعمّق بالنسبة لمجرياتها خلال النصف الأوّل من القرن التاسع عشر حيث تبقى بعض الظلال. ولكن يبدو أيضاً أنّ هناك نواحي أخرى أهملت نوعاً

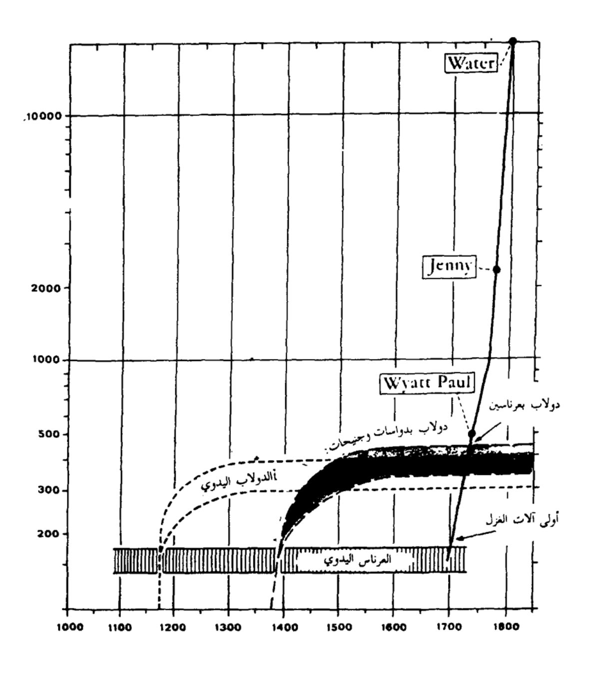
ما، حيث انصبّ الاهتمام بشكل خاص على العلاقات الموجودة بين العلم والتقنية، وعلى الصلة البديهية القائمة بين التحوّل التقني وبدايات نموّ اقتصادي طويل، وبقي البحث مبهماً في الكثير من الميادين.

نرجو المعذرة إن افتقر عرضنا إلى الترتيب، فالأبحاث في هذا المجال ما تزال غير كافية ولا تسمح لنا بتسلسل تركيبي متين. ما سنذكره هو عبارة عن مجرّد انطباعات في معظم الحالات فالنقص الكثير يحرمنا من بناء أفكارنا بشكل أكيد وكامل.

نتائج التطوّر التقني هي على نوعين: كمّي ونوعي. بالطبع لم يتمّ التركيز كثيراً على الناحية الثانية لكثرة ما تبدو أهمّية الناحية الأولى كبيرة. كما أنّ هناك تجاه اختلاف النوعية وجهة نظر مزدوجة. أوّلاً لا يمكن للإنتاج أن يكون معادلاً، من حيث جميع خصائصه، للإنتاج الحاصل عن التقنيات القديمة. فلطالما فاض الشرح مثلاً حول قيمة نوعية الحديد المصنوع بواسطة الخشب كوقود ونوعية الحديد المصنوع بواسطة الفحم الحجري. لقد قام الإنكليزي ويلسن Wilson، شريك مانبي Manby والذي أصبح معه مديراً لمصنع الكروزوه Creusot بدراسة حول الحديد في فرنسا سنة 1829 ونقل رأياً عاماً كان يعتقد بأفضلية حديد الخشب. كذلك كانت نتيجة حملة أجراها الصناعي الفرنسي الكبير تالابوه Talabot حول المعاهدة التجارية مع إنكلترا سنة 1860. في هذا الأمر يكمن أحد أسباب كبح انتشار بعض التقنيات الجديدة.

ولكن فيما يتعدّى ذلك، بإمكان التقنيات الجديدة أن تنتج ما لا تستطيع إنتاجه الطرق القديمة. إذاً من المستحيل مثلاً صنع سكك حديدية بواسطة تقنيات الصناعة الحديدية القديمة. إذا كانت التقنيات الجديدة تقدّم للجمهور تشكيلة واسعة من منتوجات لم تكن معروفة قبلاً، إمّا مضيفة إيّاها إلى المنتوجات القديمة مثل أرقام أدقّ الخيوط في مجال الغزل، إمّا واضعة إيّاها مكانها. ولكن البحث في هذا الميدان ما يزال للأسف فقيراً بصورة خاصّة.

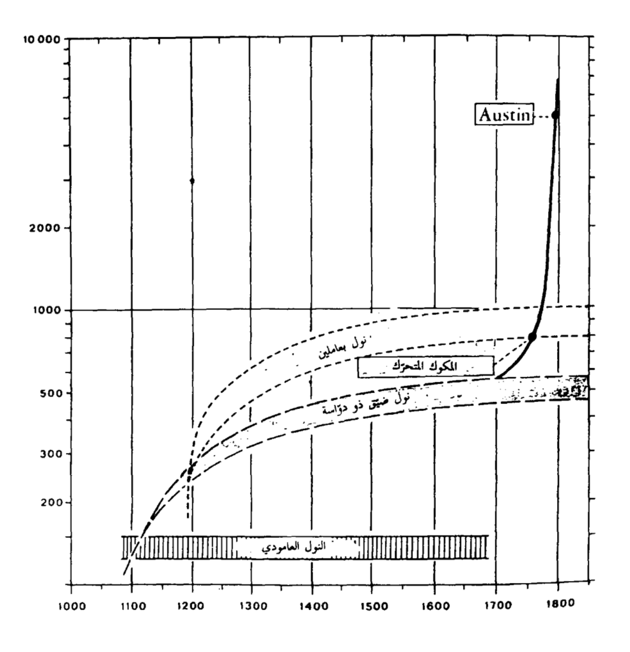
أمّا تزايد الكمّيات فهو أمر يُلاحظ أكثر إن لم نقل معروفاً أكثر. فمن ضمن النتائج الأهمّ للتطوّر التقني يجدر ذكر تزايد الإنتاجية ولوازمها الطبيعية مثل تدنّي تكاليف الصناعة، أي تدنّي الأسعار في شروط معيّنة. وقد جرت حسابات من هذا النوع بالنسبة للتقنيات النسيجية. إذا كان مردود آلتي water frame و jenny في البداية أصغر من مردود دولاب الغزل فإنّ إمكانية استخدام آلة من عشرة إلى أربعة وعشرين عرناساً بواسطة غازل واحد كانت تضاعف الإنتاجية ثماني أو عشر مرات (شكل 27 و 28)، كما تقدّمت هذه الأرقام نحو المئة بفضل تحسين الآلات وإتقانها المتواصل. بالنسبة لباقي الصناعات التي نملك



شكل 27 ــ تطور مردود الغزل.

وحدة الإنتاج هي المتر ــ ساعة وللفرد الواحد.

(عن إندري Endrei «l'Évolution des techniques du filage et du tissage»، باريس، 1968).



شكل 28 ــ تطور مردود النسيج.

وحدة الإنتاج هي بالأمتار لكلّ سداة داخلة بالساعة وبالفرد. (عن إندري).

أرقاماً عنها إن لم يكن التطوّر على هذه الدرجة فإنّه ليس أقلّ أهمّية. كانت إنتاجية الندافة الآلية خمسة أضعاف الندافة اليدوية أمّا حلاّجة كارترايت Cartwright فقد نقلت إنتاجية العامل الواحد اليومية من 5,33 إلى 133,33 ليبرة.

في تقرير وضعه هيرون دو فيلفوس Héron de Villefosse سنة 1825 حول الصناعة الحديدية في فرنسا، نقرأ أنّ مصهراً على الخشب كان ينتج ما معدّله 416 طنّاً في السنة، بينما بلغ إنتاج مصهر على الكوك 1325 طنّاً، مع نسبة إستهلاك أقلّ للوقود إنخفضت أيضاً مع اعتماد الهواء الساخن واسترداد غاز الفوهة. وقد ذكرنا أنّه مع التسويط زاد المردود خمس عشرة مرّة بالنسبة لطرق التنقية القديمة.

عن تزايد المردود وأحياناً استعمال موادّ أوّلية أوفر أو مستهلكة بكمّيات أقلّ نتج حتماً تدنّ في تكاليف الإنتاج. فمثلاً سعر الخيط رقم 100 الذي كان يبلغ 36 شلناً سنة 1786، هبط إلى 10 شلنات سنة 1795 وإلى 6,9 شلنات سنة 1807. وفي فرنسا تراجع سعر الكلغ من الخيط رقم 30 من 12,60 فرنكاً سنة 1816 إلى 6,40 سنة 1824، إلى 5,60 سنة 1834 وإلى 3,60 سنة 1844. وهناك حملة جرت في فرنسا أيضاً سنة 1834 أعطت الأرقام التالية:

نوع النسيج	1816	1834
كليلوت.	2,60	0,70
بركال.	4,60	0,65
بزان.	2,60	0,75
موصلي.	2,60	0,45

تجاه استهلاك ثانوي كبير في البداية، أوجدت هذه الأسعار الجديدة مجالات تصريف كبيرة، ربّما أكبر من المجالات العائدة إلى تزايد السكان أو امتداد التجارة الخارجية.

ونجد هناك ظروفاً من نوع خاص أمّنت للصناعي وللمنتج أسعار تكلفة أقلّ من الأسعار التي كانت تتطلّبها التقنيات القديمة وحدت في الوقت نفسه من انخفاض الأسعار في سوق المبيعات. هكذا مثلاً الظرف الذي وصفه تارغوه Targot وأيضاً ريكاردو Ricardo بالنسبة لمقاول حصل على امتياز تقنية جديدة. قد تكون هذه أيضاً حالة البلد التي تحمي نفسها من المنافسة الأجنبية، أي في الواقع الإنكليزية، عبر وضع تعرفات تحريمية معيّنة.

عندئذٍ لم يكن بالإمكان حساب هذه التعرفات إلاّ تبعاً لأسعار تكلفة التقنيات القديمة: إذن من عمد إلى التجديد وساعر مبيعاته مع مبيعات المقاولين التقليديين حظي بهوامش ربح كبيرة كانت مصادر تمويل ذاتي فرضته سوق رأسمالية ضيّقة جداً. سنة 1828، كانت قيمة حديد شمبانيْ Champagne تبلغ 280 فرنكاً للطن الواحد، الحديد المسوّط والمصفّح 200 فرنكاً، وحديد كارديف Cardiff الإنكليزي 175 فرنكاً. من جهة أخرى نذكر أنه بالنسبة لأسواق محدودة مثل سوق السكك الحديدية (لم يكن في فرنسا سنة 1842 أكثر من أربعة عشر مموّناً)، سمحت الحماية الجمركية بوضع اتّفاقات تهدف بالضبط إلى دعم الأسعار. إلاّ أنّ تدنّي الأسعار في الصناعة الحديدية في فرنسا وعلى مدى النصف الأوّل من القرن التاسع عشر بقي ثابتاً وملحوظاً. سعر القنطار: سنة 1820 ، 46,0 ؛ سنة 1830 ، 42,5 ؛ سنة 1840 ، 34,7 ؛ وسنة 1850 ، 24,0.

إنّ تزايد الإنتاج والطلب انعكس، على الأقل في بعض الصناعات، على الصعيد التقني. فما أن تنطرح كميّة كبيرة من المنتوجات في السوق، كان يصبح من الضروري المعايرة وتوحيد النمط. لقد كان هذا حاجة تقنية، ولم يكن ينشأ التصنيع إلاّ في هذا الهدف، فلم يكن من المعقول مثلاً وضع سكك مختلفة الشكل على الخطّ الحديدي نفسه، وأكثر من هذا، كما لحظنا في انكلترا، كانت الصلات بين مختلف الشبكات تتطلّب هذا التوحيد في النوع، مثل توحيد مدى تباعد الطرق عن بعضها. ومنذ البدء كانت تصنع الآلات على أساس هذا التوحيد.

هن لم يكن التوحيد موضع الكلام ضرورة قائمة بذاتها ولكنّه كان يسهّل كثيراً من إستعمال المنتوجات وبالتالي من المبيعات. ذكر المؤرّخ غارانجيه Garanger أنّه في بداية الصناعة الآلية كان استهلاك المسامير الكبيرة والحزقات محدوداً جدّاً وكان كلّ ميكانيكي ينفّذ بنفسه وبوسائله الخاصّة القطع التي يحتاجها. بين السنتين 1800 و1810 كان مودسلي Maudslay أوّل من وضع معايرة في اللولبة. سنة 1841، بدأ اعتماد «خطوة ويذوورث» أي توحيد النمط الفعلي. في الولايات المتحدة قام الياس ويتني، بعد ما طُلب منه صنع عشرات الآلاف من البنادق، بدراسة مشروع الصنع بالجملة وبنى أوّل آلة تفريز سنة 1818. في نفس الوقت اخترع بلانشار Blanchard مخرطة للنسخ من أجل إنتاج كميّة كبيرة من أخامص البنادق. هكذا إذن فرضت المعايرة نفسها في بعض الصناعة كثيرة الإنتاج: إلاّ أنّ ما كان طبيعياً بالنسبة للمسامير والحزقات أو لمختلف قطع البندقية لم يكن كذلك بالنسبة للآلات الكبيرة. عدا عن أنّ التغيّر في الأنواع، كما بالنسبة للقاطرات مثلاً، لم يكن يتطلّب هذه المعايرة.

إن ما كان في بعض الحالات ضرورة قد يصبح في حالات أخرى، حيث لا حاجة إلى المعايرة وتوحيد النمط، طريقة إنتاج جديدة. كان صانعو القفازات أو الأحذية يمارسون عملاً فردياً حيث كلّ منتوج يكون معدّاً لشخص معيّن. وفي سنة 1835، خطرت لصانع القفازات جوفان Jouvin في غرنوبل Grenoble وصانع الأحذية بينيه Pinet في شاتورونوه Châteaurenaud فكرة صنع عدد معيّن من النماذج بعد إجراء حملات استفتاء في المناطق. ومذ ذاك انتشرت الصناعة بالجملة وبدأ صنع الآلات الضرورية (أول الآلات كانت لقصّ القفازات وكانت تعمل على سماكات متعددّة). إذن أصبح من الممكن الانتقال من الإنتاج الفردي إلى الإنتاج بالجملة. وفي نهاية الفترة التي نتناولها هنا تكرّرت المحاولة في مجالَ صناعة الألبسة وقد ساعد على هذا اختراع مكنة الخياطة سنة 1845 عن طريق الفرنسي تيمونييه Thimonnier.

إنّ تزايد إنتاجية الأجهزة والطرق وكلفة التجهيزات الجديدة أدّيا بالضرورة إلى تعديلات مهمّة في بنية الإنتاج: جاءت المؤسّسة الكبيرة وحلّت مكان المنتجين الفرديين والأعمال العائلية. إذا لم تكن فكرة التجميع الصناعي جديدة بحدّ ذاتها، وقد رأينا كولبير Colbert يقوم بها مع عدد من المصانع المميّزة من أجل إبراز تقنيات كانت ما تزال غير مطبّقة في فرنسا، فهي لم تكن أبداً منتشرة فعلاً. بعد ذلك الحين لم يعد بإمكان صنع السكك أو استعمال الآلات النسيجية الكبيرة أن يكونا عمل مؤسّسات صغيرة.

هذا التجمع كان قد بدأ خجولاً عند نهاية القرن الثامن عشر، حتّى في فرنسا حيث لم يكن التطوّر التقني يدخل إلاّ بصورة بطيئة. سنة 1785، من ضمن سبعة وثمانين مصنعاً ينتمي إلى الصناعة القطنية، كان هناك تسعة وستون تصنع أقل من عشرة آلاف قطعة في السنة، ولكن أحد عشر منها كانت تقدّم من عشرة إلى عشرين ألفاً، ستّة تقدّم من عشرين إلى ثلاثين ألفاً ومصنعاً واحداً أكثر من ثلاثين ألفاً. في آبفيل Abbeville في نفس العصر، كان فان روبي Van Robais يشغّل أكثر من ألف ومئتي عامل مجتمع وعشرة آلاف شخص في منزلهم. أمّا معامل كرّ الحرير في مقاطعات الجنوب الشرقي الفرنسي، ومصنع ورق إيسون Essonnes بفضل الاسطوانات الهولندية، وأفران الكروزوه Creusot العالية، فتدلّ على الانتقال من نوع من الأعمال إلى نوع آخر، موضوع على مقياس مختلف تماماً. وفي مجال صناعة الزجاج افتتح سان غوبان Saint - Gobin المؤسّسات الحاصلة على شبه امتياز.

في إنكلترا كان الحركة أسرع ومنذ أولى عقود القرن التاسع عشر كان التجميع مهمّاً في الصناعات الحديدية، في صناعة الفحم الحجري أو صناعة النسيج. ويمكننا مضاعفة الأمثلة إلاّ أنّ أيّة دراسة لم تتمّ حول هذا الموضوع. ممّا قبل الثورة الفرنسية يمكن ذكر

مؤسّسات بولتن Boulton وويلكنسن، مجمّعة ومندمجة في الوقت نفسه، لا بل أصبحت كما رأينا باعثاً على التطوّر التقني.

بعض أمثلة التجميع في فرنسا، حيث درست الظاهرة بصورة أفضل، تظهر مدى تأثير التطوّر التقني على تطوّر هذه البنيات. بالرغم من تأخّر صناعة الفحم الحجري نوعاً ما عن باقي الصناعات من الناحية التقنية، نرى أنّه سرعان ما تمّ تجميع إنتاج هذا الفحم. نحو عام 1840، كانت المؤسّسات العشر الأولى تغطّي أكثر من نصف القيمة الإجمالية لإنتاج الفحم الفرنسي، بالضبط 55,5%. ومع المؤسّسات الخمس عشرة الأولى نقترب من الثلثين، ز62,86. أمّا الشركة الأولى آنزان Anzin فتقوم وحدها بِ 23,24%. سنة 1851، اقتربت الشركتان الأوليان وحدهما من نصف الإنتاج (48,8%)، بينما كانت العشر الأولى تغطّي حوالي 82% من الإنتاج العام. في معظم الحالات كانت مشاكل تقنيات تصريف المياه خلف هذه التجميعات المتتالية.

في مجال الصناعة الحديدية فإنّ الأرقام هي أقلّ وضوحاً، نظراً لنقص في المعلومات اللازمة. سنة 1810، يُقال إنّ المؤسّسات العشر الأولى في فرنسا كانت تمثّل 43,6% من مجموع مبيعات صناعة الحديد الفرنسية، لكن لا يمكن الوثوق تماماً بهذه النتيجة. أمّا سنة 1828 فهناك معطيات أكثر دقّة تقول بأنّ المؤسّسات العشر الأولى كانت تمثّل 22,2% من إنتاج الحديد الصبّ، و24,35% من إنتاج الحديد. ونحو سنة 1840، هبطت هذه النسبة المئوية إلى 13,44% في ما يتعلّق بقيمة الإنتاج. ويمكن تفسير الأمر بكون الحماية الجمركية، وسوء توزيع المواد الأوّلية جغرافياً والافتقار إلى وسائل النقل المتطوّرة أموراً حالت دون التجديد التقني المطلوب. ويظهر لنا الإحصاء العام للإنتاج أنّه تجاه ركود شبه كامل في صنع الحديد على الخشب وتزايد ملموس لصناعة الحديد على الفحم الحجري، فإنّ الآهن بقي يصنع بواسطة الخشب لفترة طويلة. كما نلمس عبر نمو بعض الشركات الكبيرة الحديثة أو نصف الحديثة إلى أيّ كفّة يرجح الميزان (نسبة التزايد المئوية في السنة الأولى المذكورة بين 1830 و1848):

الإنتاج العام	%60
مصنع وندل Wendel	350
مصنع لو كروزوه Le Creusot	200
مصنع فورشامبوه Fourchambault	178,3

ليس لدينا جداول مشابهة بالنسبة للصناعات الأخرى، وخاصّة بالنسبة لصناعة النسيج. يمكننا أن نقول ونعود إلى الحالة الفرنسية الخاصّة، أنّه إن لم تكن المؤسّسة الكبيرة قد حققت انتصارها آنذاك مع التقنيات الجديدة فقد كانت على طريق الانتصار: في الواقع عندما أصبحت كلّ التقنيات على نفس المستوى، ونذكر بصورة خاصّة حالة المواصلات، أصبح فوز التجميع جلياً للعيان.

وبديهي أن نلاحظ أنّ ظهور وحدات الإنتاج الكبيرة الأولى هذه أدّى إلى اهتمام معيّن في تنظيم العمل، أي ما أصبح اسمه لفترة طويلة الاقتصاد الصناعي. لا شكّ في أنّ آدم سميث Adam Smith ذكر وأثنى على تقسيم العمل لكنّ نصّه كان مجرّداً من النواحي العملية وصناعة الدبابيس كانت عبارة عن رمز أكثر منه حقيقة واقعة. سنة 1832 نشر تشارلز بابج Charles Babbage أوّل كتاب حول اقتصاد الآلات والصناعات («On the Economy of Machinery and Manufactures»)، ولكن لا شك في أنّه كان سابقاً لأوانه لأنّه بالرغم من نجاح أكيد، لم يلق الفعالية المستمرّة المطلوبة.

هناك أيضاً ظاهرة أخرى مهمّة من ظواهر الثورة التقنية: الانتقالات التي تنتج عنها في مختلف مجالات الحياة الاقتصادية. إذا كانت الانتقالات التي جرت في مجالات العمل قد أدهشت معاصريها ومؤرّخيها فبالمقابل قلّما أشير إلى تحوّلات رأس المال والمداخيل. بالطبع كان هناك صناعات عملت ليس دون رأس مال ولكن مع رأس مال محدود. هكذا كان مثلاً بالنسبة لصناعة الأقمشة: حيث لم يكن هناك من وجود تقريباً في مجال الغزل، ولم يكن بعد للآلة قيمة كبيرة في مجال النسج. وعند ظهور الأنوال المتقنة أكثر فأكثر، وضرورة الأبنية الكبيرة لضمّ صناعة محصورة أكثر فأكثر، انطرحت مسألة رأس المال. لم يكن رأس المال هذا بالضرورة كبيراً جدّاً بل كان بالإمكان أن يجمعه فرد أو عائلة. على مدى كامل القسم الأوّل من القرن التاسع عشر كانت المؤسّسة النسيجية ما تزال على نطاق واسع مؤسّسة عائلية؛ وقلّة كانت الشركات الرأسمالية. في فرنسا كما في إنكلترا عرفت عائلات معيّنة من الصناعيين: فبعد أن يكونوا حرفيين أو حتّى مزارعين، يصبحون موزّعين للمواد الأولية وجامعين للمنتوجات المنجزة حتّى أنّهم يستأجرون أدوات الإنتاج. هؤلاء هم من أصبح في السنوات الأولى من القرن التاسع عشر صنّاع النسيج، وقد تمكّنوا عبر رأسمال تجمّع على مهل أن يشاركوا في التجديدات التقنية. نشير إلى أنّه في فرنسا، وفي أماكن كثيرة، سمحت دنيوية أملاك الوقف لهؤلاء الصانعين بالحصول على مبان كبيرة (لا سيّما الأديرة) بسعر زهيد (ونذكر أديرة أورسكامب Ourscamp، روايومون Royaumont وسونون Senones وكانت مناسبة جدّاً من حيث تمتّعها بشبكات مائية متطوّرة).

في مجال صناعة الحديد كان الأمر يختلف بعض الشيء. في إنكلترا جرى التحوّل تدريجياً ممّا سمح للصانعين بالتكيّف مع التحوّلات التقنية. أمّا في القارّة الأوروبية فنظراً لأنّه كان متأخّراً جرى التحولّ بصورة مفاجئة أكثر وشاملة أكثر. إذن كان يتعيّن، دفعة واحدة، جمع رؤوس أموال كبيرة جدّاً بعض الأحيان، ونشأت بهذا الشكل مؤسّسات كثيرة في فرنسا بمظهر شركات مغفلة (شركة سانتتيان Saint - Étienne، آلي Alais، ديكازفيل Decazeville)؛ لكنّ وضع رؤوس الأموال وتنظيم الأسواق المالية لم يكونا ليسهّلان هذه العمليّات. سنرى لاحقاً أنّ توزيع المواد الأوّلية الذي كان عاملاً إيجابياً بالنسبة للتحوّل التقني في إنكلترا، كان على العكس في فرنسا من أسباب الإعاقة. وقد ذكر م. تويلييه M. Thuillier صعوبة أخرى في النيفرني Nivernais، ولكن موجودة أيضاً في أمكنة أخرى: كان معظم أصحاب محارف الحدادة مستأجرين وكانت مدّة الإيجار، القصيرة نسبياً، تشكّل حاجزاً أمام الاستثمارات التكنولوجية. إنّ تصلّب بنية رؤوس الأموال بهذا الشكل كان طبعاً يحول دون تنقّلها.

تلزمنا دراسات أكثر جدّية من أجل قياس قوّة الروابط الموجودة بين التحوّل التقني وتطوّر الرأسمالية: تقدّم لنا الصناعة الكيميائية مثلاً جيّداً عن صناعة جديدة كلّياً. ومنذ عدد من السنين نُظّم مؤتمر حول بداية الملاحة البخارية وقد أشار إلى قضايا مشابهة تماماً. أمّا تطوّر التقنيات المختلفة فما كان منه إلاّ أن زاد نوعاً ما من حدّة المسألة: ففي الواقع لم نكن بصدد استثمار وحيد، بل استثمارات متكررة من أجل التكيّف سريعاً مع التطوّر التقني. هنا أيضاً تنقصنا الأعمال الدقيقة. منذ سنة 1834 كان غريوليه Griolet، وهو غزّال باريسي، يذكر: «في مجال الصناعة، عندما لا نتقدّم فإنّنا نكون في طور التأخّر». في نفس السنة 1834 قام فيزون Vayson وهو صانع سجّاد في آبفيل Abbeville بتغيير جهاز أدواته مرّتين منذ عودة الملكية. وهناك آخرون كانوا يتبيّنون الحدود التي يصطدمون بها. هكذا بالنسبة لصناعي منطقة ليل Lille الكبير ميمريل Mimerel: «نتردّد في استبدال آلاتنا القديمة بالحديثة، ونكتفي بتصليح أدواتنا العتيقة». وحدها الحماية الجمركية سمحت بالاستثمارات المتكرّرة بواسطة التمويل الذاتي. ونفهم جيّداً دوافع سياسة الحماية هذه التي امتدّت انطلاقاً من سنة 1821 إلى أنحاء أوروبا الغربية، واعتبرها البعض مؤقّتة: لقد كانت بالضبط تؤمّن التحوّل التكنولوجي بدفعها رؤوس الأموال إلى استثمار تقنيات جديدة في الوقت الذي كانت إنكلترا، المتقدّمة بدرجة واسعة، أتمّت تحوّلها الصناعي الأوّل.

من الطبيعي أن يسير النزوع إلى التجديد والنزوع إلى الاستثمار جنباً إلى جنب، وقد وعي إلى هذا الأمر في العصر نفسه. كان رجل المصارف الباريسي لافيت Laffite واحداً

من الفطنين بهذا الصدد، وقد قال منذ 1824-1825 بالأواليتين الأساسيتين اللتين كان يطمح عبرهما إلى تحقيق تنقّلات رؤوس الأموال موضع الكلام. كانت الأولى تخفيف نسبة الدخل العام: فبهذه الطريقة تزحف الإيرادات نحو ريف مورد أكثر منه صناعي وتؤخذ رؤوس الأموال الأكثر نشاطاً للاستثمارات في القطاعات الاقتصادية الجديدة. أمّا الأوالية الثانية فكانت تقول بإنشاء الشركة الموصية للصناعة، المعدّة لتقديم رأس المال الضروري. كان لافيت يرى أنّ التحويل «يجب أن يخفّض الفائدة في الأرياف، يحمل إليها رؤوس الأموال ويؤمّن وسائل الاتّصال بمساعدتها، ويقيم فيها المنشآت الصناعية ويستنهض العمل». وكان يضيف: «هذا الميل للعمل التقى طبعاً مع ميل آخر يمشي دائماً معه هو الميل إلى التجديد والإتقان، ميل لا يقلّ أهمّية عن الأوّل بالنسبة للتطوّر الصناعي». هل نجد أوضح من هذا؟ لقد كان هدف الشركة الموصية «المساهمة والمشاركة في نجاح كلّ مشروع، كلّ اختراع وكلّ إتقان يتعلّق بالزراعة، بالصناعة وبالتجارة». في ما بعد تحدّد أنّ المشاريع التي تزيد الاستعانة بها يجب أن تستثمر فرعاً جديداً في الصناعة، أو «صناعة تتحسّن عبر طرق جديدة». قلّما نصادف، في هذا النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، وضعاً أكثر منطقية وبرنامجاً أكثر ترابطاً من برنامج لافيت.

إنّ أيّ دراسة، شاملة أو تفصيلية، لم تجر حول انتقال المداخيل، رغم أنّه قضيّة لا تخلو من الأهمّية، وسنعود لاحقاً إلى انتقال اليد العاملة وهو يعني انتقال الرواتب. سنقتصر ذكرنا على مثلين لافتقارنا إلى الأعمال التي تناولت الموضوع:

كانت صناعة الأقمشة بمعظمها صناعة منزلية. لقد ذكرنا لتوّنا أنّ فان روبي Van Robais، في آبفيل، كان يستخدم ألف ومئتي عامل في مصانعه وعشرة آلاف شخص في منازلهم: الأمر نفسه بالنسبة لأغلبية المؤسّسات النسيجية؛ تيرنو Ternaux أو ريشار ـ لونوار Richard - Lenoir، في نهاية القرن الثامن عشر أو بداية التاسع عشر. إذن كانت مكننة العمليات النسيجية وحصر العمل يأخذان من الريف دخلاً مهمّاً وإن كان دخلاً إضافياً بالنسبة لموارد أخرى. والشيء نفسه في ما يتعلّق بتركز وحصر كرّ الحرير. إذن في حين أنّ القرن الثامن عشر حاول بشتّى الطرق إعطاء أهل الريف مداخيل مساعدة (هكذا كان في فرنسا بالنسبة لانتشار الغزل بواسطة الدولاب)، كان التطوّر التقني ينزع إلى قلب توازن اكتُسب بصعوبة. وتبعاً للنسبة التي كان يمثّلها هذا الدخل الإضافي في مجموعة الموارد، كان الناس يتبعون الآلات أو لا يتبعونها.

المثل الثاني تقدّمه لنا الحملة التي أقيمت حول الصناعة الحديدية في فرنسا سنة 1829، وكانت تطرح مشكلة بسيطة، وتتناول مسألة أوسع وأصعب. المشكلة البسيطة كانت

في الخسارة التي مني أو كان سيُمنى بها ملاّكو الخشب والغابات بسبب انتشار الصناعة المعتمدة على الفحم الحجري، حيث كان الإنتاج الحديدي مجال التصريف الوحيد لهم. وقدّرت مذ ذاك هذه الخسارة بثلاثين مليوناً. أمّا المسألة الثانية فكانت شائكة. فبإبقائها على الأسعار مرتفعة كانت الحماية الجمركية تثقل كاهل المستهلكين، لأنّ حرية التجارة كانت ستؤدّي إلى حديد أرخص ثمناً. من جهة أخرى كان بإمكان رؤوس الأموال المستثمرة في كل هذه المشاريع الحديثة، وكانت تقدّر آنذاك بما بين سبعين وأربعة وثمانين مليوناً، أن تفيد في تحسين الزراعة.

لقد كان اكتساب التقنيات الجديدة في البلدان غير المبادرة بها موضوع مؤتمر عقد منذ سنوات. وقد كان للمسألة جانبان أساسيان: تثبيت التقنيات الجديدة سواء أتت من الخارج أو لا، وقد سبق أن رأينا مدى التغيّر الذي قد يحدثه اعتماد تقنية جديدة. في الفترة التي تهمّنا هنا رأينا أنّ الظاهرة الأهمّ هي التجمّع أو التركّز الصناعي الذي أصبح نتيجة طبيعية. لقد أشرنا إلى نتائجه المالية، يبقى أن نشير إلى نتائجه البشرية المحضة.

النتيجة الأولى، وهي معروفة جدّاً، هي ما يسمّى بالبطالة التكنولوجية. منذ بداية القرن التاسع عشر طرح سؤال معرفة ما إذا كان التطوّر التقني يمحو العمل أو فقط ينقله إلى مجال آخر. إذا كنّا اليوم نقتنع بشكل عام بحقيقة الطرح الثاني فإنّ الطرح الأوّل قد تجلّى وأحياناً بصورة عنيفة، وذلك منذ بداية القرن السادس عشر. حيث نرى تاريخ التطوّر التقني وفي شتّى القطاعات الصناعية يحفل بسوء معاملة لمخترع معيّن، بتحطيم للآلات، إلخ. لقد كتب الكثير في هذه الأمور ولا داعي للتركيز عليها هنا.

أمّا تنقّل الحشود العاملة، وتشكّل هذه الحشود نفسها فكان حظّهما أقلّ من الدراسة. هناك بعض الأبحاث التي تذكر كم عانت الصناعات الحديدية الفرنسية، البلجيكية أو النمساوية من صعوبة في تجميع اليد العاملة الضرورية في المصانع الكبيرة الحديثة، والمخاوف التي كان البعض يبديها من تكتّل العمّال كجزء من الطبقات الخطرة. هنا نذكر المسألة التي تتجاوز عرضنا.

هناك أيضاً مسألة مختلفة هي مسألة نقل النظام التقني من البلد الذي بادر به، مثل إنكلترا خلال القرن الثامن عشر، إلى البلدان الأخرى. بالطبع كثر عدد المسافرين الأوروبيين الذين أشاروا بعد سنة 1815 إلى تقدّم إنكلترا تكنولوجياً. وللحفاظ على هذا التقدّم حاول الإنكليز وقف خروج آلاتهم، إلاّ أنّهم سرعان ما اقتنعوا بأنّه من الصعب لا بل من المستحيل حصر انتشار التطوّر التقني. هناك تقرير شهير إلى برلمان سنة 1825 يقدّم معلومات واسعة بهذا الصدد. كذلك نعرف بدايات ما يمكن تسميته بالتجسّس الصناعي ولدينا عليه نصوص

على حدود الأسطورة: الفرنسي دو وندل de Wendel متخفّياً بشكل عامل في مصنع للمعادن في بلاد ويلز، سكريف Scrive من ليل Lille مخبئاً في صديرته المدروزة تصاميم الآلات النسيجية الإنكليزية؛ وهناك الكثير من الأمثلة الأخرى. وقد جاء الحل السريع لهذه المشكلة مع انطلاقة المجلاّت التقنية التي ذكرناها.

والمصاعب قد تكون من نوع آخر. إذا كانت بالنسبة لبعض الصناعات تكفي معرفة الأساليب أو الأدوات الجديدة فهناك صناعات أخرى تتأثّر كثيراً بشروط الإنتاج الطبيعية. ونذكر كمثل شهادة صاحب محارف الحديد الفرنسي رامبور Rambourg، سنة 1815:

يبدو أنّ الذين يقترحون بهذه البساطة إحلال الفحم الحجري مكان الخشب لا يعون مدى التغيير الذي يستلزمه هذا الأمر في المصاهر، في عمليّات التنقية، في الطرق وفي المحارف، ولا أنّه يجب أن يكون المكان قريباً من مناجم الفحم التي تقدّم المادّة المناسبة، ولا ضرورة وجود الركاز بمتناول الوقود وتأهيل عمّال لهذا النوع من العمل. من الوهم الادّعاء في معظم مصانع الحديد لدينا بمنافسة الإنكليز في أسعار هذا المعدن. لقد حبتهم الطبيعة بوجود الوقود والركاز في بؤرة واحدة، ما جعلهم يحوّلون الوقود إلى كوك ويعطون أسطواناتهم، بواسطة آلات بخارية ورحوية، قوّة هائلة تشدّ هذا المنتوج الأوّل قضباناً. ثمّ تأتي أقنية عديدة تستقبل هذا الحديد وتأخذه إلى البحر. كلّ هذه المزايا، التي لا نطالها، هي بالنسبة لهم مصادر توفير كبيرة.

إذن نفهم جيّداً لماذا كان التجديد في هذا القطاع من الصناعة الفرنسية جزئياً. وإذا كانت بعض المصانع الكبيرة مثل سانتيان، ألي أو ديكازفيل قد اعتمدت التجديد الكلّي من أفران على الكوك إلى محارف التسويط والمصفّحات، ولكن عرفت مصاعب جمّة، فإنّ مناطق أخرى قد اكتفت ببناء مصانع حدادة على الطريقة الإنكليزية ولكن مزوّدة بآهن مصنوع على الخشب كوقود: مصانع وندل، في شاتيون Châtillon، في فورشامبوه Fourchambault. من بين الواحد وثلاثين محرفاً إنكليزياً للحدادة موجوداً في فرنسا سنة 1828، اثنان فقط كانا ينتميان إلى مصانع اعتمدت كلّ التقنيات الجديدة. ففي كثير من الحالات وجب انتظار تقنيات النقل الجديدة للتمكّن من جمع العنصرين الأساسيين في صناعة الحديد على الكوك، أي الفحم والركاز، بكلفة مناسبة (أي بأسعار أدنى من أسعار الصناعة المعدنية القديمة المعتمدة على الخشب). في الامبراطورية النمساوية ـ الهنغارية، لم تكن إقامة أوّل فرن عال، في فيتكوفيس Vitkovice، قبل سنة 1836 عندما وصل الركاز من ستيريا Styrie إلى حوض الفحم الحجري في أوسترافا Ostrava بواسطة الخط الحديدي.

في البدء كان أيضاً من الضروري أن يكون بمتناول من يريد اعتماد التقنيات الجديدة الآلات اللازمة إلى أن تتمكّن الصناعة الوطنية من إنتاجها. بالنسبة لآلات النسيج يبدو أنّ الإنتاج الوطني انطلق بسرعة: وأصبح الهدف من الذهاب إلى إنكلترا هو البحث عن تصاميم ورسوم وليس آلات. بينما في الصناعات الأخرى كان استيراد الآلات الإنكليزية وحده يسمح باعتماد الطرق الجديدة، حيث كانت الصناعة الآلية الثقيلة صعبة نظراً للافتقار إلى سوق واسعة لها. هكذا وحتى سنة 1835 كانت إنكلترا تؤمّن لفرنسا، وبعدها لسائر البلدان الأوروبية، تجهيز المصانع الحديدية، عتاد السكك وآلات الصناعة البحرية.

النقطة الأخيرة تتعلّق بالناس. منذ القرن الثامن عشر كان هناك عدد كبير من الإنكليز، مقاولين أو عمّالاً، حملوا إلى القارّة الأوروبية التقنيات التي وضعت حديثاً في بلادهم. في فرنسا، بعد جون كاي John Kay مخترع المكوك المتحرّك والذي استدعته الحكومة، وهولكر الذي أصبح مراقباً على المصانع، وبعد ويلكنسن Wilkinson الذي شارك في تأسيس مصنع الكروزوه Creusot، جاء عدد من الإنكليز بعد عام 1815: جاكسون Jackson الذي حمل إلى سانتتيان تقنيات الفولاذ المصهور، مانبي Manby وويلسن Wilson اللذين أنشآ في شارنتون Charenton محرف حدادة إنكليزياً ومحرفاً للصناعة الآلية قبل أن يستلما لبضعة سنوات الإشراف على الكروزوه. كذلك في بلجيكا أسّس الإنكليزي كوكريل Cockerill أولى المصانع الحديدية الحديثة وأطلق الصناعة الآلية، وجهّز صناعة النسيج في بلجيكا ورينانيا Rhénanie، وحتّى في بولندا وروسيا. في جميع الأنحاء تقريباً وضع الانكليز خطوط السكك الحديدية. كلّ هذه الأمور أشير إليها في العديد من الكتب.

إلى جانب المقاولين، كان هناك العمّال الذين كانوا يأتون لتركيب الآلات وتدويرها بانتظار مجيء دور العمّال المحلّيين. وكان عدد هؤلاء العمّال الإنكليز المغتربين كبيراً بشكل خاص في مجال الصناعات الثقيلة، الصناعة المعدنية وصناعة الآلات، سنة 1828، في مصنع فور شامبوه، في منطقة النيفرني Nivernais، كان استبدال جهاز العمّال الإنكليزي بالجهاز الفرنسي على وشك الانتهاء: لم يكن باقياً سوى عشرة مسوّطين وعشرة مصفّحين من الإنكليز. «كان العمّال الفرنسيون، لافتقارهم إلى العادة والمهارة، يتسبّبون بخسارة من حيث استهلاك أكبر للوقود وترك حثالة كبيرة من الآهن». في شارنتون، في المصنع الذي أقامه الإنكليز، كان جميع العمّال في البداية من الجنسية نفسها. في وقت الحملة كان نصف المسوّطين من الفرنسيين ولكن جميع المصفّحين كانوا ما يزالون من الإنكليز، «لأنّ العمل يتطلّب مهارة لا يمكن الوصول إليها بسرعة». وهكذا كان الصناعي الفرنسي الكبير بواغ Boigues يلخّص رأي أصحاب مصانع الحدادة الفرنسيين: «إنّ العمّال الآتين من إنكلترا

والذين أمضوا طفولتهم بين مصانع الحديد اكتسبوا عادة استفادوا منها. متى سيكتسب أطفال العمّال الفرنسيين قوّة تحمّل العمل، سيصبحون بدورهم عمّالاً حاذقين كالعمّال الإنكليز». كذلك كان الغزّال ميمريل Mimerel يعتبر العمّال الإنكليز ذوي خبرة أكبر وتربية صناعية أمتن: «يعملون أكثر وأفضل بالسعر نفسه».

هذا الوضع نجده في معظم البلدان الأوروبية التي أرادت إدخال التقنيات الإنكليزية إلى صناعتها. عند إدخال التقنيات المتقدّمة إلى مصانع الحديد في فيتكوفيس Vitkovice، في مورافيا Moravie، نرى أنّ العمّال الأجانب يمثّلون حوالي 20% من المجموع. ويبدو أنّه جرت استبدالات بينهم، ففي الواقع بين هؤلاء الأجانب هناك نسبة كبيرة من البروسيين والبولنديين وكانوا عمّالاً ممتازين. أمّا بالنسبة للإنكليز فقد كانوا كلّياً من الاختصاصيين أصحاب الكفاءة العالية، خاصّة مسوّطين ومصفّحين، الذين أتوا لإعداد العمّال من المواطنين للتقنيات الجديدة.

لا وجود لمسألة تقنية معزولة، لا بل من المستحيل وجودها. إنّ اعتماد نظام تقني جديد، في أي بلد كان، يستدعي إطاراً عامّاً من البنيات المتكيّفة، في جميع الميادين.

إذن كان هناك فعلاً ثورة صناعية، حسب العبارة المستعملة، من حيث إنّ كلّ البنيات أصبحت مترابطة. إلاّ أنّه من الصعب تحديد القطاعات التي لعبت الدور المحرّك نظراً لتداخل مجريات الأمور بعضها ببعض.

حول هذا الموضوع لم تنته النقاشات بين المؤرّخين، لا سيّما أنّ بعض الصناعات لم تعرف، أقلّه في المرحلة الأولى، سوى تطوّر جزئي، وأنّه في بعض البلاد لم تكن شروط الإنتاج، خاصّة الشروط المادية، تفرض ثورة صناعية كالتي حصلت في إنكلترا وأخذت كنموذج. لقد قام التشيكي بورس Purs بإظهار انطلاقة التقنيات الجديدة في بوهيميا، وقد شجّع عليها حصار القارّة الذي قدّم لهذه المنطقة كلّ أسواق أوروبا الوسطى. سنة 1799 كان هناك 40283 غزّالاً أصبحوا 12000 سنة 1815 و 5391 سنة 1825 في حين تزايد الإنتاج بدرجة كبيرة: المكننة في مجال الغزل انتهت سنة 1820. وبعد سنة 1830 طالت المكننة كامل صناعة الأقمشة. أمّا وضع سكك الحديد بعد سنة 1835. استدعى تطوّر الصناعة الحديدية وصناعة الآلات (أقام الإنكليزيان أيفانس Evans ولي Lee في براغ). وقدّم معارضو هذا الرأي كحجّة لهم بطء انتشار المكنة البخارية: في الواقع كان هذا بسبب تمتّع هذه البلاد بمصادر هيدرولية كبيرة. سنة 1848، في إقليم ليرك Liberec، كان مجموع الطاقة يقسم 1895 حصاناً للطاقة الهيدرولية و 91 لمكنات البخار. ولكن فيما لو كانت إنكلترا تتمتّع بهذه الموارد المائية، أكانت عرفت ما عرفته من تطوّر في المكنة البخارية؟ كذلك نلتقي

بنفس الوضع في أمريكا الشمالية، خلال المرحلة الأولى من التصنيع. وقد كتب مؤخراً «إنّ المصدر الرئيسي للطاقة الصناعية في الولايات المتّحدة بقي حتّى الربع الثالث من القرن التاسع عشر معتمداً على شلاّلات المياه». كانت المؤسّستان الكبيرتان لاول Lowell ومانشستر Manchester مثلاً تقومان على الطاقة الهيدرولية. وقد ذكرنا أنّ التربينة وضعت القوّة الهيدرولية تقريباً في مصاف الطاقة البخارية. كي يكون هناك ثورة صناعية، ليس من الضروري أن تجتمع كلّ العناصر التي صنعت الازدهار الإنكليزي.

اعتماد تقنيات الإنتاج الحديثة، التجمّع الصناعي، ظهور رأسمالية من نوع معيّن، كلّها دلائل تكفي لتحديد ظهور نظام تقني جديد.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

إنّ المراجع التي تناولت الثورة الصناعية غزيرة ومتفاوتة المستوى، ولا مجال هنا لذكرها كاملة، فقط نقتصر على العناوين الأحدث والأهمّ. ونشير إلى أنّ قسماً كبيراً من هذه الأعمال يتجاوز الفترة التي عالجناها هنا ولا يفصل أبداً بين الثورة الصناعية الأولى والثانية.

بعد أن رسم المؤرخ توينبي Toynbee ملامح الثورة الصناعية، أبرزت في كتاب قديم ولكن يحتفظ بأهمّيته:

ب. مانتو P. Mantoux ،«la Révolution industrielle au XVIIIᵉ Siéle»، باريس، الطبعة الأخيرة 1959.

مذ ذاك تمّ النقاش حول بعض الأمور وقدّمت تفسيرات جديدة وشاملة. نذكر من ضمنها:

ت. س. أ شتون T.S. Ashton ،«la Révolution industrielle»، باريس، 1955.

ف. دين، «The First Industrial Revolution»، كامبردج، 1967.

هـ. فلين، «Origins of the Industrial Revolution»، لندن، 1966.

ك. فوهلن Cl. Fohlen ،«Qu'est - ce que la révolution industrielle ?»، باريس، 1971.

د.س. لاندس D.S. Landes.
«the unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present»
كامبردج، 1969.ج. ب. ريو J.P. Rioux ،«La Révolution industrielle 1750 - 1880»، باريس 1971.

لم يتمّ دمج المسائل الزراعية تماماً مع ما نسمّيه بشكل شامل نوعاً ما بالثورة «الصناعية». إلاّ أنّ هناك بعض الأبحاث التي أخذت هذا الإتجاه، نذكر منها:

ب. بيروك P. Bairoch Agriculture and the Industrial Revolution, (1700- 1914) «the Fontana Economic History of Europe»، المجلد الثالث، رقم 8، لندن، 1969.

ب. بيروك «Révolution industrielle et sous- développement»، باريس، 1963.

أ.ج. بورد A. J. Bourde «The Influence of England on the French Agronomes (1789 - 1950)»، كامبردج، 1953.

أ. ج. بورد، «Agronomie et Agronomes en France au XVIIIe siècle»، باريس، 1967.

ف. كروزيه Fr . Crouzet, «Agriculture et révolution industrielle»، ضمن «كرّاسات التاريخ»، 1967، ص 67-86.

وغالباً ما أخذت الثورة الصناعية من وجهة نظر وطنية، ممّا أبرز الفوارق والمميّزات في مختلف مجريات التطوّر. وقد اخترنا العناوين التالية:

أ. ل. دنهان، «La Révolution industrielle en France (1815 - 1848)»، باريس، 1953.

و. هندرسون W.O. Henderson، «The State and the Industrial Revolution in Prussia»، ليفربول، 1958.

و. هندرسون، «The Industrial Revolution on the Continent»، لندن، 1961.

ر. ماركس «La Révolution industrielle en Grande Bretagne des origines à 1850»، باريس، 1970.

«Studi sulla rivoluzione industriale»، وهو عدد خاص من مجلّة الدراسات التاريخية «Studi Storici»، 1961. وقد خصّصت دراسات مشابهة بالنسبة لإيطاليا، فرنسا، بلجيكا، هنغاريا وألمانيا.

«The Fontana Economic History of Europe»، وكلّ جزء هو مكرّس لبلد معيّن:

ج. م. بيوكي J.M. Biucchi بالنسبة لسويسرا،

ف. دين Ph. Deane بالنسبة لإنكلترا، ج. دونت J. Dhondt وم. بروفيير M. Bruwier بالنسبة لبلجيكا،

ك. فوهلن Cl. Fohlen بالنسبة لفرنسا.

ونذكر أخيراً بعض الأعمال الحديثة التي تتناول نواحي خاصّة من الثورة الصناعية:

ش. بالوه، Ch. Ballot «L'Introduction du machinisme dans l'industrie française (1780 - 1815)»، ليل، 1932.

ج. هاباكوك «American and British Technology in the 19th Century»، كامبردج، 1962.

ر. هيلز R. L. Hills، «Power in the Industrial Revolution»، مانشستر، 1970.

أ. ماسن A. E. Musson وهـ. روبنسن C.H. Robinson، «Science and Technology in the Industrial Revolution»، مانشستر، 1969.

ج. بايان J. Payen، «Capital et machine à vapeur au XVIII siècle»، باريس، 1967.

وننهي بمقال أعطى الثورة الصناعية رؤية مغايرة للتقليد، ومنفردة:

م. دوما M. Daumas، «Le Mythe de la révolution technique»، في «مجلة تاريخ العلوم»، ص 291-302، 1964.

الفصل التاسع

تقنيات العصر الحديث

إنّ تاريخ ظهور النظام التقني الحديث، هذا النظام الذي يشارف اليوم على نهاياته، لم تُخصّص له أعمال تدرسه في العمق، إن لم يكن في بعض تفاصيله، فعلى الأقلّ بمجمله أو حتّى في تأويله. كما أنّ هناك كمية من النقاط لم تجد من يوضّحها بدرجة كافية. يبدو أنّ الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر الإنكليزي قد غشت على أبصار مؤرّخي الاقتصاد نوعاً ما. فالجهود التي بذلوها بشأنها لم تتكرّر من أجل إبراز التحوّل التقني الكبير الذي جرى خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ولا يُستبعد أن يكون مفهوم النمو الاقتصادي، الحديث نسبياً، قد لعب دوراً مهمّاً بهذا الصدد. لقد أشير في الواقع إلى هذه الحركة الممتدّة على وقت طويل ومتواصل والتي اعتبرت الثورة الصناعية الإنكليزية أحد عناصرها المتحركة. لكنّ تواصل الحركة نفسه بهذا الشكل كان يحجب إمكانية حدوث تحوّل آخر من نفس أهميّة التحوّل الأوّل. إذن معظم الأعمال، وحتّى الحديثة منها، ركّزت على تواصل متواز للتطوّر التقني دون تمييز مراحل فاصلة بشكل واضح.

مرامنا هنا أن نبتعد عن هذه الصورة ونضع مكانها أخرى تقوم بالضبط على وجود ثورة صناعية أخرى أوجدها في النصف الثاني من القرن التاسع عشر نظام تقني يختلف عن النظام الذي ساد نهاية القرن الثامن عشر أو النصف الأوّل من التاسع عشر. ما أن نلقي نظرة جدّية إلى تقنيات عشيّة الحرب العالمية الأولى حتّى نلحظ اختلافها عن التقنيات التي كانت حوالي 1850، حتى وإن وجد، بالضرورة، قطاعات متأخّرة تتمكّن بشكل من الأشكال، من أخذ مكانها وسط تحوّلات القطاعات الأكثر تقدّماً: إنّ الطائرة، البترول، التربينات الحرارية، الفولاذ، الكيمياء العضوية، والكهرباء إن أردنا أخذ بعض الأمثلة، تمثّل فعلاً وحتماً نظاماً تقنياً جديداً كلّياً تقريباً بالنسبة لما كان يوجد سنة 1850، أي مكنة البخار، الحديد، الفحم الحجري، الخ.. وهنا يمكننا تفسير انحسار بعض القوى الاقتصادية المرتبطة، مثل

إنكلترا، بالنظام التقني القديم، والانطلاق السريع لقوى أخرى مثل الولايات المتحدة أو اليابان التي تعطي صورة مذهلة والتي يتطابق تطوّرها مع ظهور واعتماد النظام التقني الجديد.

سنرسم فوراً الخطّ الموجّه، دون أن ننسب إلى التواريخ التي نذكر قيمة مطلقة. لقد حدثت «الثورة الصناعية» الجديدة على مرحلتين مختلفتين. المرحلة الأولى تمتدّ تقريباً من سنة 1855، إلى سنة 1870، والمعروف أنّه كي يتمكّن نظام تقني من تثبيت نفسه تلزمه فترة تأقلم ذات طبيعة تقنية واقتصادية في الوقت نفسه: هذا ما لاحظناه بالنسبة للقرن الثامن عشر. لهذا من المنطقي التفكير بمرحلة ثانية ضرورية: وهي تقع، تقريباً، بين العامين 1880 و1900. ثم جاءت التطوّرات التي بإمكانها أن تنتج عن هذا النظام التقني الجديد، باستثناء الضرورات التي فرضتها الحرب العالمية الأولى.

أصبح اليوم من الشائع التفكير بأنّ النموّ أو التقدّم الاقتصادي يمرّان بالضرورة بالتطوّر التقني. بعبارة أخرى يتعيّن أن نطرح السؤال عن معرفة ما إذا كان هذا التواصل في النمو والذي نجده في كلّ مكان قد انسجم مع استمرارية نظام تقني وصل إلى الطور الأخير من تقدّمه. أليس من الأفضل طرح مبدأ أنّه في طور معيّن، ونظراً لعدد من الظروف ربّما لم يتّم التركيز عليها كما ينبغي، لم تعد متابعة النموّ ممكنة دون تغيير النظام التقني؟ ومفهوم النظام التقني نفسه يفترض حتماً تحوّلاً عامّاً وشاملاً وليس فقط سلسلة، أو سلاسل من الاختراعات المستقلّة بعضها عن بعض، أي من التطوّرات الجزئية. ضمن هذا الإطار سوف نعالج المسألة تباعاً.

أطر وظروف الثورة الصناعية

لقد قدّر لنا مراراً أن نلاحظ أن كلّ تحوّل تقني يخفي وراءه أسباباً خارجية المنشأ وأسباباً داخلية. عن هذه الأسباب تنبثق ضرورة التحوّل وإمكانيته. وفي ما يتعدّى الأسباب هناك، كما لاحظنا أيضاً، محيط أو إطار يجري فيه التحوّل. فعندئذ إن لم يعد من وجود لروابط السببية، على الأقلّ روابط ظاهرية، يكون هناك التقاء وتوافق. هذا المحيط هو ما نريد الإمساك به في خطوتنا الأولى.

كنّا قد أشرنا، بالنسبة للقرن الثامن عشر، إلى أهميّة الانطلاقة الديموغرافية في ظهور نظام تقني جديد. لا شك في أنّ النصف الثاني من القرن التاسع عشر لم يعرف انطلاقة من هذا النوع، على الأقلّ في البلدان الأكثر صناعية، أي بالتحديد حيث تكبر فرصة بزوغ نظام تقني جديد. لقد كان التزايد السكاني العام في هذه البلدان المميّزة أقلّ بكثير ممّا كان عليه بين السنتين 1750و 1850، ولن نركّز كثيراً على أمور يعرفها الجميع. كذلك كان معدّل الولادات في هبوط مستمر لم يوازنه سوى تراجع نسبة الوفيات: هكذا وصلنا إلى تقدّم عام

في السنّ في مجمل السكّان. إذن بإمكان تحليل سطحي للأمر أن يؤدّي إلى فصل الحركة السكّانية تماماً عن التحوّلات التقنية.

منذ حديثنا عن القرن الثامن عشر حاولنا تصحيح هذا التقدير الأوّلي لمدى تأثير الانطلاقة السكّانية. فالمعروف والواضح أنّ تزايد عدد الناس يؤثّر على حجم الطلب، وفي مجتمعات لم تكن بعد متطوّرة كثيراً في مجال الاستهلاك، تماماً كما كانت أوروبا الغربية عند نهاية القرن الثامن عشر، فإنّ العدد هو شيء مهمّ جدّاً، لا بل أساسي جدّاً، أمّا في مجتمعات متطوّرة أكثر بكثير، كمجتمعات أوروبا الغربية خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، أو المجتمعات الحالية، فإنّ حجم الاستهلاك هو أهمّ دون شك من عدد المستهلكين. إنّ الثراء المستمرّ في البلدان الغنية وتقدّم السكّان في السنّ يساهمان بدرجة واسعة برفع نسبة الاستهلاك، ونلمس هذا جيّداً في كون هذه الزيادة الملحوظة تطال المنتوجات الصناعية أكثر من المنتوجات الغذائية. في فرنسا مثلاً فإنّ الاستهلاك السنوي من الحنطة بالنسبة للفرد، الذي كان 1,76 قنطاراً في السنوات 1841-1850، أصبح 2,45 قنطاراً في السنوات 1891-1900. وبالنسبة للقطن، لدينا الأرقام التالية: 1,7 كلغ سنة 1850 مقابل 4,1 سنة 1900. إذن بالرغم من ديموغرافيا انحسرت انطلاقتها بسرعة، بقي ضغط الطلب يزداد مع الوقت. ولا حاجة للإكثار من الأرقام فكلّها ستعطينا بالنسبة لمختلف ميادين الحياة الاقتصادية وفي مختلف البلدان، نتائج مشابهة تماماً.

هناك مسألة أخرى لا تقلّ أهميّة، وهي أنّ تزايد الطلب لا يظهر فقط على الصعيد المحلّي، في داخل البلدان الصناعية، ولكن أيضاً بواسطة امتداد الأسواق وتوسّعها. إن قرار فتح قناة السويس يعود مثلاً إلى سنة 1854، وإنجازه إلى سنة 1869. كذلك كان دخول بلاد الشرق، مثل الصين (1860) أو اليابان (1858-1868) وبدايات الاستعمار الواسع في أفريقيا إن بالنسبة لفرنسا أو إنكلترا، تقدّم مجالات تصريف يتعيّن تزويدها بسلع للتجهيز كما للاستهلاك. وهنا يلعب العدد الدور المهمّ ويعوّض عن نقص في مستوى الاستهلاك. وهكذا نرى، بالإجمال، مدى تأثير التطوّر الديموغرافي مأخوذاً من وجهة نظر تختلف عن المفهوم التقليدي له.

الظروف الاقتصادية هي أيضاً ظروف أساسية، والمعروف أنّ التطوّر التقني، أو أنّ نظاماً تقنياً جديداً يجب أن يتوافق مع تنظيم إقتصادي معيّن. هذا التنظيم الاقتصادي يتميّز بعنصرين رئيسيين هما: تجمّع رأس المال وحجم المشاريع والمؤسّسات. أوّل العنصرين ضروري والثاني قد يكون نتيجة أكثر من ضرورة موجودة مسبقاً.

حتى ولو كان التمويل الذاتي قد اعتُمِد بشكل واسع وسيلة فعّالة من أجل تجميع

رأس المال فإنّ الحاجة أيضا إلى رأس مال خارجي سرعان ما أصبحت ضرورية، لا سيّما أنّ التحوّل التقني كان يُبرز صناعات جديدة، أي مشاريع جديدة: ويكفينا مثلاً الصناعة الكهربائية وصناعة السيارات. ونشير فوراً إلى أنّ هذا التجمع في رأس المال لا يتطلّب تنقّلات داخلية له وحسب، بل أيضاً تنقّلات على المستوى الدولي أخذت الأهميّة التي نعرف.

هناك ظواهر عديدة تجدر بنا ملاحظتها، ويبدو لنا تطابقها الزمني شبه كامل. إنّ حرّية معدّلات الفائدة المالية تعمّمت تقريباً في العالم بين السنتين 1854 و1860، في حين أنّ إنكلترا كانت تعرفها عملياً، إن لم يكن قانونياً، منذ 1834. وكان من نتيجة هذا التحرير أنّه سهّل تحرّكات رؤوس الأموال. كما نصل إلى نتيجة مشابهة تماماً مع إصلاح الشّركات الصناعية والتجارية الذي تحقّق في أنحاء أوروبا بين السنتين 1856 و1867. وهكذا حصل المدراء على حرّية التصرّف، وفي نفس الوقت كان الجمهور يعتاد على أشكال الاستثمار الجديدة هذه، وقد ساهمت المعارض العالمية الكبيرة، ،أوّلها كان سنة 1851، بادخاله نهائياً في العصر الصناعي والتقني، لا بل فطرته على الاهتمام بالتقنية. في العصر نفسه نلاحظ هذا التغيّر في الموقف تجاه السهم أو التعهّد، وأيضاً تجاه سند الدولة. وكانت الإصدارات الكبيرة لشركات سكك الحديد بين السنتين 1845 و1847 مؤشراً على هذا، ولكن، بفضل ضمانة الفائدة، أمكنت المطابقة بين سهم سكّة الحديد والإيراد. بعد ذلك انطلقت المغامرة المالية الصناعية الكبيرة. كانت السندات المسعّرة في بورصة باريس اثنين وأربعين سنة 1850، وأصبحت مئة واثنين وثمانين سنة 1869.

من الدلالات المهمّة أيضاً ظهور الشبكات المصرفية الكثيفة، وهنا أيضاً تتطابق التواريخ. ولدت مصارف الأعمال، على الأقلّ في القارّة الأوروبية، سنة 1852، مع «الاعتماد المنقولي الفرنسي» وهي مؤسّسة أكبر بكثير، من حيث قوّة رؤوس أموالها والأواليات التي تعتمدها، من المؤسّسات المشابهة في الفترة السابقة. في فرنسا كان أوّل مصرف كبير للإيداع رأى النور هو «الاعتماد الصناعي والتجاري» وكان ذلك سنة 1859، تبعه «الاعتماد الليوني «Crédit Lyonnais» (1863) و «الشركة العامّة» (1864). بعد ذلك بقليل حذت كلّ أوروبا حذو هذا المثل وعلى درجة واسعة: عندئذ حصل ازدهار مصرفي ظهر في ألمانيا كما في النمسا أو في اسكندنافيا وكلّ البلدان التي التحقت بالطريق نفسها. كما أنّ مضاعفة عدد شبابيك التوزيع بفضل الفروع، خاصّة بعد 1870، ساهمت باجتذاب منهجي للودائع. هنا أيضاً لن نركّز كثيراً على ظاهرة تمّ تحليلها من جميع نواحيها.

تركّز المؤسّسات هو مظهر آخر من مظاهر هذه الثورة البنيوية الحاصلة في المجال

الاقتصادي، وهو يبدو في الحقيقة وفي آن واحد كشرط وكنتيجة للتطوّر التقني. شرط من حيث أنّ الشركات الكبيرة المركّزة قادرة على اعتماد بعض التجديدات، ونتيجة من حيث أنّ التقنيات الجديدة لا يمكن أن تحصل دون تركّز في الإنتاج. بالطبع كانت إمكانية الحصول على رؤوس أموال أوفر تساعد على هذا النمو في حجم المؤسسات والمشاريع: نذكّر بأنّه في فرنسا قدّم الأخوان بيرير Péreire هذا التركّز في المؤسّسات كواحد من أهمّ العناصر في سياسة «الاعتماد المنقولي». في البلد نفسه خلال السنتين 1854-1855 ظهرت موجة التجمّع والتركز الكبيرة، بعد إنشاء أولى شبكات سكك الحديد الكبيرة منذ سنة 1852.

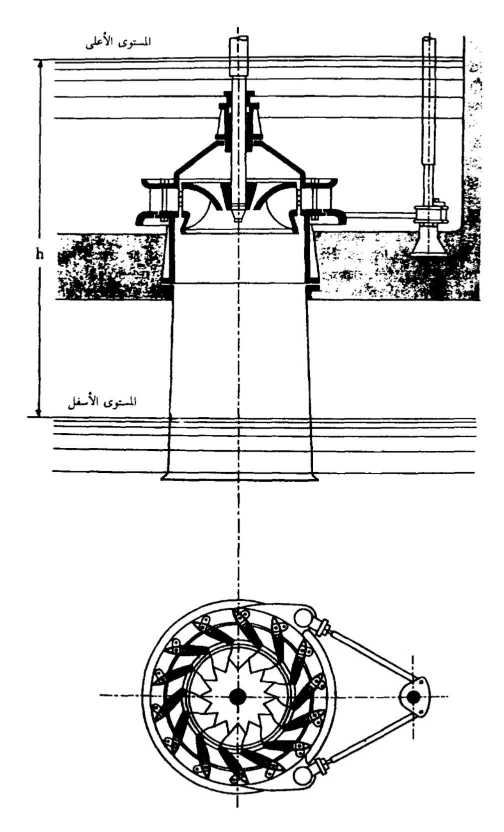
كذلك لا يمكن تحقيق التحوّلات إلاّ إذا كانت تتقبّلها الذهنية السائدة. بعد سنة، بدأت الرومانسية تنحسر وحب الطبيعة يضعف ليفسحا المجال أمام قيم أخرى. لا شك في أنه انطلاقاً من ذاك العصر عرفت أوروبا هذه الروح الصناعية التي كانت قد اخترقت إنكلترا منذ النصف الأوّل من القرن التاسع عشر. أمّا الرفض الذي ظهر تقريباً حتّى نهاية حكم لويس ـ فيليب، والذي تجلّى أمثلة عديدة في فرنسا وفي بلجيكا، والمخاطر التي كان يخشى منها فقد اختفت بدورها. لم تعد القوّة الصناعية مجرّد قوّة، بل أصبحت في الوقت نفسه مصدراً للأرباح وللسعادة. بعد سنة 1850 وصل إلى السلطة الاقتصادية جيل ولد مع القرن وبدأ خطواته الأولى في المجال الاقتصادي في عهد لويس ـ فيليب، حتّى أنّه مارس في ذلك الحين نوعاً من الرومانسية، أدبية وسياسية واقتصادية. هذا الجيل أخذ مكان مؤسسي عدد كبير من المؤسّسات كانوا انفراديين، أصحاب وحدات صغيرة معزولة ومتشتّتة حيث وعوا متأخرين إلى الثورة الصناعية الأولى، ومع بعض الحذر أيضاً. بدل الإدارة العائلية شاهدنا ظهور إدارة مؤلّفة من أصحاب الكفاءة، وأصبح المطلوب القيام بعمل يختلف عمّا قام به الأسلاف، أصبح يجب توحيد القوى، تجاوز الأطر الضيّقة، تغيير طرق الصناعة وأساليب العمل، انفتاح المؤسّسة على الخارج، أي باختصار قلب «التنظيم الصناعي». هنا قد يكون من المهمّ دراسة طبقة أرباب العمل من هذه الزاوية: يبقى مجال البحث مفتوحاً. من جهة أخرى نلاحظ أنّ البنيات الفكرية والاجتماعية تكون متماسكة أكثر حيث التحوّل التقني أبطأ وأقلّ عمقاً، وأفضل مثل على هذا هو صناعة النسيج.

كذلك كان تأهيل هؤلاء الرجال الجدد يتمّ بطريقة مختلفة. لقد تمّ تأسيس مدارس المهندسين العالية في معظم أنحاء أوروبا بين السنتين 1830 و1848، باستثناء مدرسة البوليتيكنيك في باريس ومدارسها التطبيقية. إذن بعد ذلك التاريخ وصلت دفعات التخرّج الأولى إلى مراكز المسؤولية. كانت المواد التعليمية قد تغيّرت وكذلك الروح التعليمية.

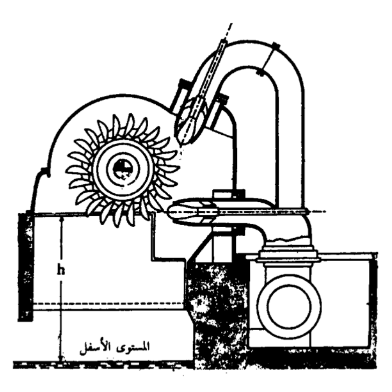
سنة 1834 كان أحد الصناعيين الفرنسيين يُرجع نجاح إنكلترا الاقتصادي إلى مستوى الثقافة العام في طبقة العمّال، على الأقلّ جزئياً. إنّ تطوير التعليم النموذجي (نذكّر بأنّ قانون غيزوه Guizot يعود إلى سنة 1833)، وابتكار وتنمية تأهيل الأشخاص الكبار هي أمور سمحت للعلم أن يخترق، ولو سطحياً، طبقات الجمهور العريضة، وهنا يكمن أحد عناصر التطوّر التقني المحرّكة. وقد كان ما يزال من السهل، حتّى بالنسبة لشخص عصامي، أن يحسّن معلوماته، أن يكتسب معرفة مفيدة وفعّالة.

هناك أمر آخر مواز تماماً ويستحقّ أبحاثاً أعمق، وهو الانتشار الكبير للمعلومات العلمية وتطبيقاتها التقنية، حيث كثر عدد المجلاّت والموسوعات، وأصبح كل الأدب التقني والعلمي غزيراً للغاية. بعبارة أخرى أصبح من الممكن، حتّى دون دراسة جامعية عادية، اكتساب ما هو ضروري لبعض الاختراعات. بسمر Bessemer حصل على ثقافته من هذه الموسوعات، والأمريكي فرانسس Francis، الذي حسّن تربينة فورنيرون Fourneyron، كان رجلاً واسع الثقافة والاطّلاع، وقد عرض تجاربه في كتاب طبع سنة 1855 (Lowell Hydraulic Experiments). أمّا بلتون Pelton، الذي تخطّى فرانسس، فكان مجرّد نجار في قرية وعمل كصانع أو مصلّح للمنشآت الهيدرولية، لكنّه اشترى ودرس نسخة من كتاب فرانسس، ما قدّم له تأهيلاً نموذجياً ممتازاً (شكل 1 و 2). غرام Gramme كان حالة أخرى، فقد تتلمذ على رومكورف Ruhmkorff، لأن نقل المعلومات الشفوي كان ما يزال موجوداً، وربّما استمع إلى دروس بيكريل Becquerel في كونسرفاتوار الفنون والمهن كما تثقّف من قراءة كتاب غانوه Ganot وإن كانت تطلّبت منه الرجوع الدائم إلى القاموس. لقد كان غرام رجل حرفة بكلّ معنى الكلمة، كما امتلك من المعلومات العلمية أكثر ممّا قيل. إذن كان لنشر علم وتقنية يصلان إلى جمهور يحوز أساساً على معرفة ابتدائية أهميّة كبيرة بالنسبة للاختراع التقني.

كذلك يجب تخصيص مكان لميدان يقع بين العلم والتقنية: إنّه مجال القياسات، إذ أنّ أدوات القياس التي وضعت من أجل هدف علمي، سرعان ما ظهرت فائدتها بالنسبة للتقنية، ويعود قسم من هذه الأدوات إلى ما قبل الفترة التي نتناولها هنا. على أيّ حال، إن كان الأمر يتعلّق بتحسينات أو بطرق جديدة تمّ الحصول عليها عبر تجارب متكرّرة، فإنّ القياس هو ناحية ضرورية. لقد قيل إنّ اختصاصيّي الهيدروليكا الأمريكيين لم يجدوا بدّاً من استعمال مكبح بروني Prony، وماذا يسعنا القول، بالنسبة للصناعات الميكانيكية، عن اختراع بالمر Palmer سنة 1849 (على الأقلّ تاريخ البراءة) لمعيار «اللولب والورنية الرحوية». كذلك يجب القيام بدراسات تفصيلية حول ولادة أجهزة القياس تلك التي كانت تُعدّ



شكل 1 ــ تربينة فرانسس Francis (عن لير Lehr ، « Les Moteurs »، باريس، 1970)



شكل 2 ــ عجلة بلتون Pelton (عن لير Lehr).

للصانعين والتي ساهمت بتحقيق تطوّرات عديدة، وكانت بأيّ حال ضرورية من أجل الصناعات بالجملة. من مكبح بروني إلى مانومتر (مضغط) بوردون Bourdon، من بالمر إلى مقاييس السماكة التي وضعها جوهانسون Johansson والشتروم Ellström، نلمس مجهوداً لا يستهان به..

في ما يتعدّى هذا هناك المسألة الدقيقة في العلاقات بين العلم والصناعة، بين العلم والتقنية، وقد أشرنا إليها بمعرض حديثنا عن تأهيل التقنيين. إلاّ أنّه ليس من السهل تحديد نقاط الالتقاء: فمستواها يتغيّر حسب التقنيات، وحسب العلوم. قد يمكننا أن نميّز، بشكل عام جدّاً، مستويات ثلاثة: مستوى ابتدائي حيث الروابط بين العلم والتقنية متشتّتة جدّاً، ميادين حيث التقنية تحاول إعطاء نفسها منطقاً علمياً، وأخيراً قطاعات حيث التبادلات بين العلم والتقنية عديدة وثابتة.

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وبالنسبة لعدد معيّن من التقنيات، بقي مستوى الاختراعات العلمي منخفضاً نوعاً ما، كان المجال مفتوحاً على مصرعيه. ويعطينا م. هانتر M. Hunter بعض عناصر مهمّة في ما يخصّ التحسينات التي طرأت على التربينة الهيدرولية تباعاً.

كيف جرت هذه التطوّرات في تخطيط، وصنع وتسيير التربينات؟ لقد تمّ إيجادها بطريقة أمريكية المنحى، ليس عبر تحليل علمي يقوم على أسس حسابات رياضية تخضع للاختبار، بل عبر طرق تجريبية محضة يقوم بها أصحاب الحرفة.

كما يمكننا ذكر ما كتبه مهندس كبير بعد انتهاء الحرب العالمية الأولى:

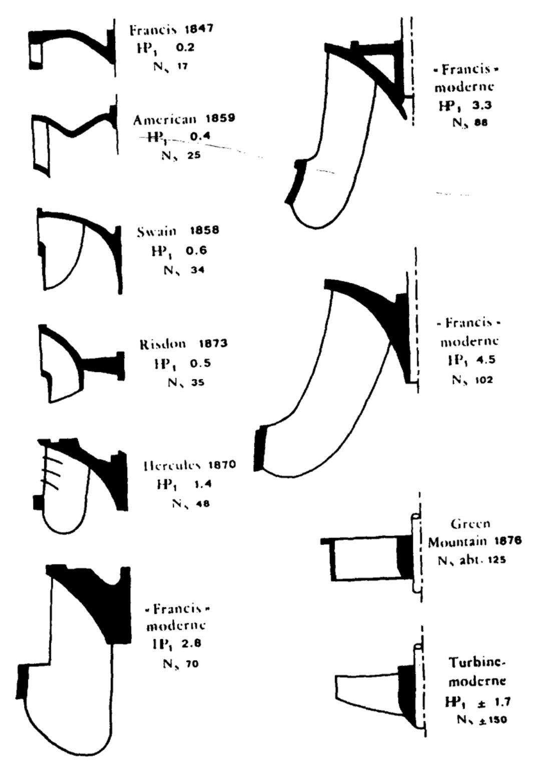
لقد ذهبت كلّ تعليمات بويدن Boyden وفرانسس Francis العلمية أدراج الرياح وحلّ مكانها شعار «الصنع والمحاولة»، إذا وجدت عجلة لم تقم بما تُوقّع منها كان يتمّ ترجيع قواديسـها، أو رفعها أو تخفيضها والنحت من شفراتها إلى أن تقدّم شيئاً أفضل (شكل 3).

لم يكن الصانعون يزعمون معرفة مبادىء فنّهم، ولم يكن بينهم اثنان اتّفقا على صحّة النظرية التي تخدم كأساس لما كانا يقومان به: كلّ شيء كان يمرّ بالتجارب المتكرّرة. وقد قيل بشأن واحد من صانعي التربينات المحظوظين: «كانت نظرياته خاطئة، لكنّ جهله لم يمنعه من النجاح». كذلك ظهر كتاب سنة 1850 تقريباً يقدّم نتائج مشابهة حول صناعة الطواحين: «إن الأبحاث النظرية العلمية لم تقدّم الكثير بشأن الفنون الآلية في هذا البلد (...) وبالنسبة للميكانيك التطبيقي، لم يكن أيّ تطوّر مديناً لرجال العلم».

بعد البحث عن حدود لهذا التفسير للتطوّر التقني رأينا أنّه صادر عن رأي متحيّز ومكوّن مسبقاً يريد أن يُظهر بأيّ شكل عبقرية المخترعين الذين توصّلوا، دون أيّ مساعدة من المعرفة العلمية، إلى النتيجة المطلوبة.

أمّا ولادة «تكنولوجيا» حقيقية، أي العرض المنطقي للعمليات التقنية وأيضاً الأدوات المستعملة، فقد جرت نحو منتصف القرن التاسع عشر، وإن كانت بعض المحاولات، كما رأينا في الفصل السابق، قد تمّت في بعض الميادين قبل هذا التاريخ. إنّ انتشار المعلومات التقنية، عبر المجلاّت المتخصّصة، أدّى بشكل طبيعي إلى تنظيم منطقي أكثر، إلى تفسيرات عامّة أكثر، لقد تُركت «الوصفات» وحلّت مكانها «الدراسات». قد يكون من المستحسن مثلاً قياس الفرق الحاصل، في مجال الصناعة المعدنية، بين دراسة بيرسي Percy وأعمال سابقيه، وقد يكون من المستحسن تحليل طرق العرض، وحصّتي التفسير العلمي والتجارب الجارية، والثغرات التي تبقى من مؤلف إلى آخر. إذ أننا نفتقر كلّياً إلى أعمال من هذا النوع.

وبالطبع كان من شأن التعليم التقني أن يتغيّر جذرياً في بداياته، كان كونسرفاتوار الفنون والمهن مرتبطاً بشدّة بمعرض الآلات. كان التعليم يعتمد على الإظهار، كما كانت قبله الفيزياء وقبل أن تصبح نظاماً مبنياً، منطقياً وشاملاً. وهكذا ابتكرت في هذه المؤسّسة



شكل 3 ـــ التطور الذي طرأ على شكل ريش التربينات (عن هانتر Hunter، « Les Origines des turbines Francis et Pelton » ضمن «مجلة تاريخ العلوم»، باريس، 1964).

ومنذ سنة 1804 مادّة لتدريس الغزل. بعد سنة 1819 اختفى هذا النوع من التعليم واقتصر على مواد تقدّم للتقنيين قاعدة علمية أمتن: ميكانيك عام، كيمياء، رسم، وحتّى اقتصاد سياسي. ثمّ وجب انتظار تشرين الثاني (نوفمبر) سنة 1852، ونشير مرّة أخرى إلى هذه المطابقة الزمنية، كي نرى ظهور مادّة لتدريس الغزل والنسيج. وضمن نفس الإطار ندرج إنشاء مركز محاولات تجارية على التربينات، سنة 1869 في لاول Lowell في الولايات المتحدة، وكان يقدّم خدماته للجميع. بعد ذلك تمّ نقله إلى وادي كونكتيكات Connecticut حيث تحوّل، تحت إشراف شركة هوليوك للطاقة المائية Holyoke Water Power Co، إلى مركز وطني لقياس مردود التربينات ولتجهيزها.

من ضمن وجهة النظر نفسها يتقارب العلم والتقنية من بعضهما. إنّها لقصّة مثيرة قصّة ولادة تكنولوجيا علمية، عند حدود العلم والتقنية، آخذة عناصرها من كلّ منهما. إذن ننتقل تدريجياً من سلسلة من النتائج التجريبية، المنظّمة منطقياً، إلى معرفة علمية محضة تنبثق عن تجارب موجّهة عمداً، نتحكّم بها ولا نخضع لها. لقد كان لاكتشاف التنغستين والمنغنيز واستعمال مزيجهما من قبل ماشيت (1845) Mushet، امتدادات مهمّة، حيث فتحت الطريق أمام أنواع الفولاذ الخاصّة. في الفترة التي نتناولها هنا حصل أكبر عدد من التطوّرات الملحوظة في مجال الصناعة المعدنية العلمية. وقد انكبّ هنري لو شاتلييه Henry Le Chatelier على مسائل ثلاث كبيرة: قياس الحرارات المرتفعة، وقد تمّ حلّها سنة 1886 عبر الطريقة الحرارية ـ الكهربائية (واستعمال الكهرباء هنا يظهر حقيقة النظام التقني)، بواسطة المزدوج بلاتين ـ بلاتين روديه Rodier، ما كان ذا فائدة بالنسبة لأفران المعالجة الحرارية، والميكانيك الكيميائي (تطبّق قوانين التوازن على تحويل الركاز في المصهر العالي وعلى ظواهر نزع الأوكسيجين من الفولاذ: قانون انتقال التوازن سنة 1884)، الذي كان يسمح بإدخال كمّيات الجُفاء وتركيبه ضمن مسائل استعمال المصهر العالي والفولذة، وأخيراً تحضير ألومين صقل العيّنات المعدنية المجهرية الذي تبعته، عام 1900، صناعة مجهر بعدسيّة مقلوبة.

لقد ابتكر فلوريس أوسمون Floris Osmond على التوالي طريقتين للبحث، وذلك خلال السنتين 1885-1886. الطريقة الأولى هي دراسة المعادن مجهرياً، نتيجة بعيدة لبعض أبحاث ريومور Réaumur. كانت الصور الحاصلة تحدّد طبيعة المعالجات التي يجب إجراؤها على الفولاذ، لا سيّما أنواع الفولاذ الخاصّة. أمّا الطريقة الثانية فقد استعملها لتحديد نقاط الحرج في الفولاذ ولتمييزها. كان غور Gore قد وضع نظرية السقاية سنة 1869، وطوّر فيها باريت Barret سنة 1873، ثمّ أتمّها أوسمون مع ويرت Werth سنة 1885. سنة 1894

قام بتحديد ميّزات الحديد المنكّل الفريدة، وفي السنة التي تلتها حدّد خصائص المرتنسيت والأستنيت وهما مركّبان فولاذيان. وهكذا تشكّلت شيئاً فشيئاً تكنولوجيا علميّة في مجال صناعة الحديد وأشاباته.

لنتبع قصّة الصناعة المعدنية العلمية هذه حتّى نهايتها لأنها تمثّل فعلاً مثلاً معبّراً جيّداً، وقد حصل فيها حقاً تطوّر أساسي. من حيث أنّ هذه التكنولوجيا أصبحت علمية أكثر فأكثر لم يعد بإمكان الاختراع أن يكون عرضياً: لقد كان يُبحث عنه من أجل تجديد محدّد جدّاً. إذن كان المقاول يستبق وضعاً مستقبلياً، ولم يعد لديه سوى وسيلة واحدة لتحقيق أحلامه: إقامة المختبر في المعمل، وتوجيه البحث التقني حسب منطق علمي. عندما طلبت مؤسّسات هولتزر Holtzer، وهي شركة لا تقع بعيداً عن سانتتيان Saint-Etienne، سنة 1867، من كيميائي اشتهر بأعماله حول المعادن، وهو بوسانغوه Boussingault، أن يأتي ويقيم في مصنعها، فقد قلبت الموازين المعهودة. وقد قام بوسانغوه، بمساعدة المهندس بروستلان Brustlein، بوضع الحديد المكورم سنة 1877. عند دمج هذا المعدن بشحنات البوتقات، بعد نزع الأوكسيجين منها تماماً، كنّا نحصل على الفولاذ المكورم. وانطلاقاً من سنة 1888، تتابعت أبحاث مخبرية في أمفي Imphy، جنوب نيفير Nevers، لا سيّما حول الفولاذ المنكّل، وبطلب من المكتب الدولي للأوزان والمقاييس نفّذت النسب التي أدّت سنة 1897 إلى وضع الفولاذ أنفر، ثمّ الفولاذ إلنفار وكان معاملا مرونتهما لا يتأثّران بدرجة الحرارة.

نكرّر أنّه ما يزال ينقصنا تاريخ مفصّل ودقيق، إن من الناحية العلمية أو من الناحية التقنية، يتناول مختبرات المصانع هذه، نتائجها، طرقها وسياسة البحث التي اتّبعتها، وذلك كي يتسنّى لنا تقدير معنى واتّجاه العلاقات بين العلم والتقنية بشكل واقعي. وهذا بالنسبة لكلّ الصناعات. في تلك الفترة لم تعد مختبرات البحث التكنولوجي ثمرة مبادرات فردية، بل أصبحت تتنظّم على الصعيد الجماعي. سنة 1911 أقيم مختبر تابع لفرع الصناعة النسيجية في كونسرفاتوار أو معهد الفنون والمهن.

وكلّما تتقدّم مع الوقت نرى التقنية تصبح فعلاً امتداداً للعلم. إنّ وضع تربينة البخار والتحسينات المتتالية التي طرأت عليها إنّما هي تطبيقات للنظرية الدينامية الحرارية ولميكانيك الموائع. ويمكننا دون شك أن نحدّد على وجه الدقة، وفي مختلف التقنيات، مناطق ما يمكن تسميته بالجبرية العلمية، إلاّ أنّ أحداً لم يرسم بعد هذه الحدود.

إذن ضمن هذا الإطار كلّه، مع المطابقات التاريخية التي نصادفها، ضمن هذا الإطار

المهمّ لفهمه، حصل التحوّل التقني. في هذا الموضع من تحليلنا، تجدر الإشارة إلى الالتقاء الدقيق والحقيقي بين التقنية والاقتصاد.

لقد سبق أن لمحنا إلى هذا الأمر: إنّ نموّاً متواصلاً يتطلّب بالطبع، عند مستوى معيّن، حدوث هذا التحوّل التقني. هذا في الواقع لأنّ للأنظمة التقنية حدودها وإذا استمر ضغط المتطلّبات، وبصورة متزايدة، فإنّ التحوّل التقني يصبح ضرورياً. ويمكننا أن نلاحظ، داخل النظام التقني القائم عند منتصف القرن التاسع عشر، عددًا من الضغوطات على أنواع مختلفة.

التزايد في الطلب يجب أن يلبّيه تزايد في الإنتاج. إذن المسألة الأولى هي مسألة كمّيات، والحصول على كمّيات أكبر هو ممكن دون تغيير التقنيات، عبر توسيع المشاريع ومضاعفة عددها. ولكن يجب أن يكون هذا الأمر ممكناً، والحالة ليست دائماً كذلك إذا أخذنا بعين الاعتبار عوامل الإنتاج (التزويد بالمواد الأوّلية، تجميع اليد العاملة، استثمارات أكبر فأكبر). كلّ تقنية تفرض حدوداً معيّنة لفائدة تقع على هامش مختلف عوامل الإنتاج هذه، وهناك بعض الأرقام التي تؤكد هذا الرأي. إنّ إنتاج الآهن، في أكثر البلدان الأوروبية تقدّماً، تزايد بشكل كبير بين السنوات 1850-1854و 1910-1913، ونجد في الجدول I الأرقام بآلاف الأطنان.

جدول I

	فرنسا	ألمانيا	إنكلترا
1850-1854...	561	245	2716
1910-1913...	4664	14836	9792

إن لم يكن هناك من تحوّل تقني، مثلاً في كلّ الشبكة التي يمثّلها إنتاج الأهن، أي في أجهزة الإنتاج نفسها كما في استخراج الفحم والركاز كما في عملية التحويل إلى كوك، إلخ..، فإنّ تزايداً في الإنتاج بهذا الشكل لم يكن ممكن الحصول والتحقيق. فعندئذٍ لكان من الضروري مضاعفة عدد المصاهر العالية تسع مرّات في فرنسا، وستين مرّة في ألمانيا. من جهة أخرى تُظهر لنا الأرقام الفوارق في الطلب على التجديد، تبعاً لمختلف البلاد.

كذلك لا يجب أن يقلّ الاهتمام بدراسة مسائل التكاليف. إنّ الحلّ الذي يقول بإنتاج

كميّة ثابتة بتكاليف أقلّ هو حلّ يمثّل مرحلة انتقال: ففي الواقع، عاجلاً أم آجلاً، يُفترض بالطلب أن يتزايد إلى أن تبلغ المنشآت الموجودة منتهى قدرتها على الإنتاج. كلّنا نعرف أنّ الحلّ الأمثل هو زيادة الإنتاج بتكاليف أقلّ، هنا أيضاً تتوجد حدود تفرض نفسها على كلّ نظام تقني وهي نفس الحدود التي تنفرض عندما نكون بصدد إنتاج أكثر بتكاليف ثابتة. من هنا من المنطقي أن نفكّر بأنّ متابعة النمو لا تعود ممكنة دون تطوّر تقني، دون تحوّل تقني، وإلاّ سرعان ما يصل النظام التقني السابق إلى حدوده ويقف عندها. من جهة أخرى يستدعي مفهوم النظام التقني نفسه تحوّلاً شاملاً أكثر ما يمكن كي يؤمّن عند كلّ مستوى التوازنات الضرورية.

إذن مسيرة المؤرّخ يجب أن تقوده إلى البحث أوّلاً عن الضغوطات التي حصلت نحو منتصف القرن التاسع عشر، أو التي كانت ستحصل لو لم يكن هناك تحوّل تقني. بعدئذ يتعيّن تفسير الخطوات التي أجيب بها، إمّا عبر تحسين التقنيات القديمة متى يكون ممكناً، إمّا عبر اعتماد طرق جديدة. وأخيراً ينبغي إظهار حقيقة النظام التقني الجديد. كلّ هذا ما يزال للأسف عبارة عن مجرّد تمنّيات، فالبحث الحالي، وإن كان لا يستهان به، لا يتيح لنا القيام سوى بخطوات جزئية ومنعزلة، وهذا ما يضطرنا للاقتصار على عدد محدود من الأمثلة.

كيف ننظر إلى إنتاج الطاقة حوالي سنة 1850؟ لنمرّ أوّلاً بسرعة على الطاقة المائية؛ فقد شهدت تطوّرات مهمّة منذ وضع تربينة فورنيرون Fourneyron ومنذ التحسينات التي أضافها بويدن Boyden وفرانسس Francis، عشية الفترة التي نتناولها هنا. لقد أصبح المردود صحيحاً أكثر وأمكنت زيادة القوّة درجات عديدة. من جهة أخرى، تفرض الطاقة المائية حدوداً جغرافية بالنسبة للصناعات التي تعتمدها، كما أنّها تخضع لمصادفات الطبيعة بشكل عام، وتحتاج لهذا إلى تجهيزات معيّنة. كانت قوّة أوّل تربينة بويدن (1844) تبلغ 75 حصاناً وتعطي مردوداً عند التجربة 78%؛ أمّا التربينة الثانية (1846) فكانت قوّتها 190 حصاناً ومردودها الأقصى 88%. وأصبح بالإمكان تجاوز هذا النطاق، خاصّة بالنسبة للقوّة. فحتّى قبل سنة 1850، استطعنا الوصول إلى 500 وحتّى 700 حصان. إن كنّا حصلنا على نتائج أفضل بين العامين 1850 و1890، تجدر الإشارة إلى أنه لم يكن بالإمكان استعمال سوى شلاّلات منخفضة وعجلات بطيئة، حيث لم تكن مادّة الصنع قادرة على تحمّل جهود إضافية. وقد تحسّنت طرق الصنع وسمحت بتخفيض كلفة التربينات بشكل ملحوظ: من أكثر من 200 دولار سنة 1850 لكلّ حصان إلى 70 سنة 1861 بالنسبة لعجلات بويدن، ثمّ إلى 5 و 7,5 دولار بعد خمس وعشرين أو ثلاثين سنة. في ذاك الحين أمكن الوصول حتّى

1000 حصان وعندئذٍ ظهرت الحدود التي لا يمكن اجتيازها، ولكن استطعنا في الوقت نفسه زيادة القوّة وتخفيض الكلفة.

أمّا بالنسبة لمكنة البخار، الآلة القديمة التي أعطت الثورة الصناعية السابقة مجدها، فكانت تحمل حدودها بنفسها إن من الناحية التقنية المحضة أو من الناحية الاقتصادية. كان تدويرها يأخذ بعض الوقت أو كان يجب أن يبقى متواصلاً. أمّا سجّلها، أي سلّم القوى التي يسعها القيام بها فكان يقف عند حدود معيّنة وذلك لأسباب عديدة: فعلى غرار كلّ الآلات التناوبية، لم يكن بالإمكان استعمالها سوى لإنتاج وحدات كبيرة لا تتخطّى 5000 حصان. كما أنّ صيانتها، لا سيّما التشحيم، كانت كثيرة ومتواصلة، وكان تزويدها بالوقود وتفريغ الحثالة يتطلّبان يداً عاملة وفيرة. إلى هذا نضيف تكاليف الصنع، التركيز والبناء، وهي خطوات تفتقر إلى المرونة المطلوبة للإجابة على تغيّرات حجم الطلب، كما أنّها تتسبب في بعض الأحيان إعاقة بالغة(النقل). ونشير أخيراً إلى ضعف المردود، من 6 إلى 10%. إذن للمكنة البخارية المتناوبة خصائص تحصر استعمالها ضمن قطاعات محدّدة جدّاً: صناعات ذات جهاز آلي متجمّع، مواصلات برّية حيث التزوّد بالوقود والماء لا يعاني من مشاكل كبيرة. أمّا بالنسبة للقوى الصغيرة فكان من الصعب جدّاً استعمالها، وبالنسبة للمواصلات البحرية، كان حجمها وطرق تزويدها تفرض قيوداً في ما يخصّ سرعة السفن وحجمها. كما أنّها لم تكن قادرة على تسيير المحرّكات الكهربائية.

إلاّ أنّ هذا لا ينفي كون مكنة البخار قد تعرّضت لعدد من التحسينات المهمّة دفعت بالحدود ولكن لم تمحها كلّياً. من أوائل هذه التحسينات كان العبور إلى الضغط العالي، واستعمال الانبساط في الجهاز المركّب(compound، 1830-1834). في بداية الفترة التي نتناولها وبعد تحسين الأجهزة الملحقة (مولّدات البخار الأنبوبية مثلاً)، بدأ البحث في مجال البخار المتجدّد: بحث سيغان Seguin في أكاديمية العلوم في 3 كانون الثاني (يناير) 1855، ومحاولات سيمنز Siemens. وهكذا توصّلنا إلى توفير من ثلثي كمّية الوقود. بعد ذلك جاء دور التحمية حيث كان قسم كبير من البخار الناتج يُعرّض لحرارة عالية وضغط عال، ثم يُجمع ويُبخّر نقاط الماء التي كانت تبقى عالقة: لقد أُظهر مفعول هذه الطريقة في معرض سنة 1855. ولكن نشير هنا أيضاً إلى التطوّر الضروري الذي كان يحصل في الوقت نفسه في التقنيات المكمّلة، لا سيّما المعادن الضرورية للضغط العالي، دون زيادة في الوزن، أو الحجم أو كلفة الآلة. إذن أمكن زيادة المردود، وكذلك القوى الناتجة، بشكل ملحوظ (استهلاك الفحم بالكلغ لكل حصان / ساعة):

نيوكومن Newcomen	8,40
واط Watt	2,90
تريفيثيك Trevithick (الضغط العالي)	1,50
مركّب Compound	0,90
تحمية.	0,325

ولكن نكرّر أنّ بعض التطوّرات في تقنية معيّنة ليست ممكنة إلاّ متى تعدّلت تقنيات أخرى مجاورة، وأيضاً متى تمّ استيعاب المعلومات العلمية الضرورية. فالأمر كناية عن تطوّرات ترتبط ببعضها أكثر منها تطوّرات مستقلّة: لقد سبق أن أشرنا إلى أنّ إغفال مسائل الترابط بين التقنيات ساهم بتمويه حقيقة تاريخ التقنيات. وفي هذا الأمر أيضاً تكمن بعض الحدود التي ما نفتأ نتكلّم عنها: طاقات أقوى، تكاليف أقلّ، تنوّع ومرونة أكبر، كلّها أمور كانت ضرورية من أجل الإبقاء على نموّ آخذ بالتزايد(شكل من 4 إلى 6).

لنأخذ مثلاً آخر لا يقل اعتباراً. سنة 1850 كانت سكك الحديد قد بدأت بالعمل: كانت الاستثمارات كبيرة، ومن حيث كان يمكن إبقاء كلفة وسيلة النقل الجديدة هذه منخفضة، كان المطلوب منها أن تقدّم عنصراً مهمّاً من عناصر النموّ الاقتصادي. وقد أحاط المؤرّخ كارون Caron بالوضع وحدّده تماماً.

التطوّر التقني هو بالنسبة للمهندس المكلّف بإدارة مصلحة سكك حديدية كبيرة الحل الوحيد للخروج من التناقضات التي تحيط به. الإدارة والمراقبة تطلبان منه أن يؤمّن حركة مرور متزايدة وخدمات متحسّنة مع إبقاء التعرفات منخفضة والحفاظ على الأرباح. الوسيلة الوحيدة للتوصّل إلى هذا هي تخفيض سعر التكلفة. إن مشكلة الرواتب، خاصّة بعد سنة 1860، وامتداد الشبكة بشكل لا متناه يضطر بالنسبة لحركة مرور محدودة، إلى تشغيل وسائل تتناسب ليس مع حركة المرور هذه بل مع طول الشبكة، وبالعكس احتمال الاحتقان على المحاور الكبيرة حيث لا يمكن تخطّي ازدياد حركة المرور إلاّ بالإكثار فوراً من وسائل التشغيل المكلفة، هذه هي الأسباب التي تجبر المشغّل على التخفيض من عدد الموظفين، ومن الوقود والتجهيزات. ولكن كي يمكن اعتماد التجديد، ينبغي للنفقات السنوية الناتجة عن القروض التي يجعلها هذا التجديد ضرورية، أن لا ترتفع عن نسبة التوفير التي يجعلها التجديد نفسه ممكنة.

منذ السنوات الأولى لتشغيل سكك الحديد، بدا التجديد وكأنّه هوّة هالية، وكان يجب أيضاً إضافة أعطال انفصال الجزوع أو الإطارات. لهذا وبسبب الافتقار إلى حلّ لا يمكن أن يكون إلاّ تقنياً توقّف نموّ المواصلات الحديدية بصورة فجائية. ثم ظهر الفولاذ

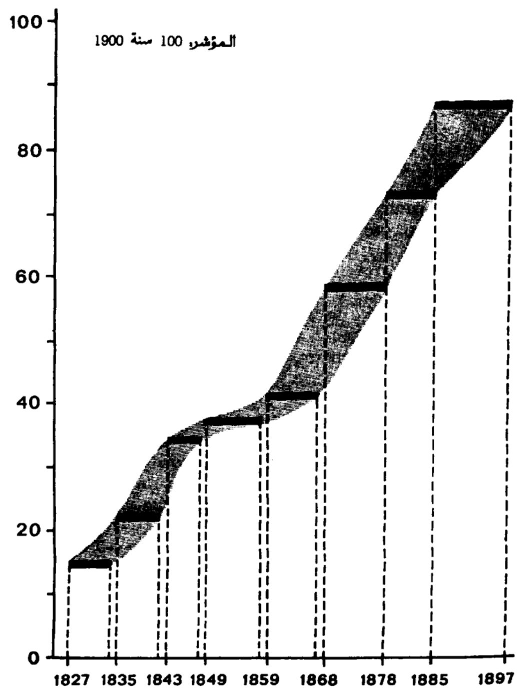
بكمّيات كبيرة وسمح بحلّ هذه المشكلة، وإليه يجب أن نضيف التطوّرات التي حصلت في تقنيات الجرّ والتي نتجت عن تحسين الآلات. كانت مكنة كرامبتن Crampton من سنة 1850 تزن 12 كلغ للحصان الواحد؛ بينما لم تكن قاطرة من سنة 1894 تزن أكثر من 72، وقاطرة من سنة 1913 أكثر من 50.

كذلك شهد النقل البحري حالة مشابهة: حتّى أنّنا وصلنا إلى الحدود بشكل أسرع. إنّ القوّة الضرورية تبعاً للسرعة، إذا أردنا أخذ هذا المقياس الوحيد، تتزايد بسرعة معها، تقريباً كالأسّ الثالث لها.

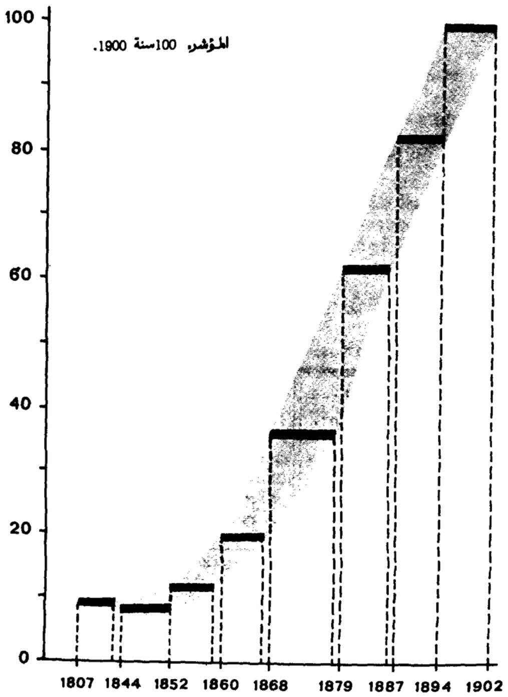
إذن كانت السفن التي أصبحت أسرع فأسرع، وكذلك السفن التي أصبحت أكبر فأكبر، تحتاج إلى مكنات أقوى فأقوى دون أن يكون وزنها أو حجمها عائقين لا يمكن اجتيازهما. نحو سنة 1900، كان محرّك باخرة كبيرة يتضمّن آلات تناوبية ومولّدات بخار أسطوانية ذات حجم كبير من الماء، أي ثقيلة الوزن، دون أن نذكر التزوّدات بالوقود وبالماء. كان الوزن الإجمالي لكلّ حصان يبلغ تقريباً 150 كلغ والمكان الذي يشغله الجهاز المحرّك والمبخّر كبيراً جدّاً. لهذا لا ندهش، ضمن هذه الشروط، لكون المهندس الفرنسي الكبير بيرتان Bertin قدّم بين السنتين 1907 و 1914، مستعيداً من جهة أخرى مبادىء وضعها المهندس ج. نورمان J. A. Normand، برهنة رياضية للحدّ من الزنات. فقد كان يرى بيرتان أنّ الجهود المفروضة على هيكل سفينة كبيرة كانت تضطر إلى اعتماد عيّنات معدنية ذات سماكة تزيد مع الزنة، ووضعت قاعدة تعادلي وزن هيكل الباخرة المعدني C بالنسبة للوزن الإجمالي P وهي: $C=0,2166+0,01176\,P^{1/3}$

نستنتج أنّ الزنة المثلى، التي تعطي أفضل نسبة للقسم الشاغر من الزنة، (المكنة + الحمولة)، يحقّقها بناء من 29588 طنّاً، وأنّنا نصل إلى الحمولة القصوى عند زنة تبلغ 50876 طنّاً، أي تقريباً زنة عابرات المحيط الكبيرة ذاك العصر. عند زنة 95324 طنّاً، يمتصّ الهيكل كلّ الزنة ونحصل عندها على عوّامة دون آلات ولا حمولة. لدينا هنا مثل عن حدّ أقصى، كما يمكننا رؤيته نظرياً، وصلت إليه التقنية في لحظة كانت معروفة فيها التطوّرات التقنية التي تسمح بالتحديد بتخطّي هذه الحدود.

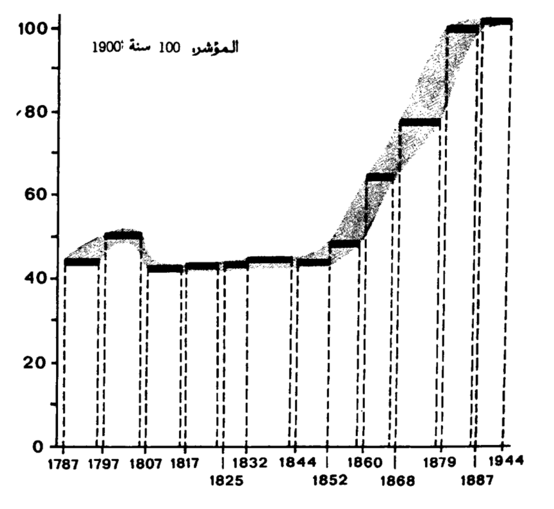
بالطبع يجب مضاعفة الأمثلة من أجل تبيّن الحدود الفاصلة بين النظام التقني الموجود والنظام التقني الذي نطمح إليه. فهكذا يصبح بالإمكان تحديد القطاعات حيث تظهر ضرورة التحوّلات إن أردنا متابعة النموّ الاقتصادي، بأيّ معدّل كان. للأسف ما يزال البحث متأخراً في هذا المضمار كي يمكننا وضع صورة ولو مؤقّتة. إنّ تحليل الطلب على الطاقة، والحاجة إلى المواد الكيميائية المتنوّعة، ولزوم المواد المناسبة لم تشكّل موضوع أيّ



شكل4 ــ مخطط بياني يظهر تزايد إنتاجية المناجم مع مرحلتي التسارع القوي، من سنة 1825 إلى سنة 1850، ومن سنة 1870 حتى نهاية القرن التاسع عشر (عن ك. فوهلن « Qu'est-ce que la révolution industrielle » , Cl . Fohlen، باريس، 1971)



شكل 5 ــ تطور إنتاجية صناعة الحديد الصب في ألمانيا مع تسارع ملحوظ بعد سنة 1850. (عن ك. فوهلن).



شكل 6 ــ ركود إنتاجية مناجم الفحم في ألمانيا قبل الازدياد السريع عند منتصف القرن التاسع عشر. (عن ك. فوهلن)

دراسة. قد يكون من الضروري أن ندرس الاضطرار لاستبدال بعض المواد والمنتجات، والحاجة إلى المواد الجديدة من أجل الإجابة عن التعديلات التي تطرأ على الاستهلاك. وهكذا تبرز قيمة الاختراعات القديمة ألتي لم تجد بعد مجالاً لتطبيقها، وهكذا تُفسّر مجهود الاكتشافات الجديدة.

إنّ سلسلة من الاختلالات، سلسلة من التوتّرات المنبثقة عن النموّ نفسه، مهما كان إيقاعه، كانت تقود إذن نحو التقنيات الجديدة، إلاّ أنّ الروابط الضرورية بين مختلف التقنيات كانت تضطرّ إلى تحوّل شامل. فالسيّارة ليست فقط الأداة بحدّ ذاتها، ليست فقط المحرّك والهيكل، والمواد المناسبة التي تؤلّفها، ليست فقط الإطار المطّاطي، إنّها أيضاً توزيع الوقود بصورة منتظمة، والطريق المجهّزة بصورة جيّدة لاستقبالها.

الكهرباء هي أيضاً التربينة الهيدرولية في الشلاّل العالي وذات الدوران السريع، أو الديزل Diesel. كان التطوّر الاقتصادي يمّر حتماً بالتطّور التقني. ولم يكن بوسع التطوّر التقني أن يكون سوى الانتقال من نظام تقني إلى نظام تقني آخر.

يتعيّن أيضاً القيام بتحليل مدى الضغط الذي يحدثه التطوّر الاقتصادي والتطوّر التقني على النظام الاجتماعي. لقد كانت الحاجة إلى حشود عاملة تؤدّي إلى تراجع ديموغرافي في الأرياف، والمعروف أنّ هذه الحركة بدأت تنطلق بعد سنة 1850. تجاه الانطلاقة الاقتصادية، تجاه التحوّلات التقنية، التي تعدّل في موازين القوّة، ظهرت قوى معوّضة جديدة. هنا أيضاً تتطابق التواريخ الكبيرة، مثلاً ظهور القانون النقابي سنة 1864. ونصادف نفس المراحل. الترابط بين الأنظمة لا غنى عن وجوده.

التحوّلات الكبيرة

تلزمنا مجلّدات من أجل شرح كلّ عناصر النظام التقني الجديد الذي نشأ ما بين السنتين 1850و 1900 على مرحلتين، وامتداداته، ربّما بسبب الحرب العالمية الأولى، حتّى الأزمة الكبيرة سنة 1929. لهذا نقتصر، مرّة أخرى، على بعض الخطوط الموجّهة، وعلى صور عامّة من القطاعات الأهمّ. بين هذه القطاعات، ينبغي التركيز على مسائل الطاقة، واستثمار الموارد الطبيعية، وعلى التغييرات التي جرت في طبيعة المواد، وأخيراً على الأدوات الكبيرة في مجال العمل الصناعي.

لقد أشرنا إلى حدود النظام السابق في مجال إنتاج الطاقة، كما ذكرنا أنّه بفضل تطوّر تقنيات أخرى، لا سيّما في مجال المواد، كان من الممكن الاستفادة من محوّلات الطاقة الموروثة عن النظام التقني السابق.

هكذا تمكّنت المكنة البخارية التناوبية من متابعة طريقها. بعد أولى محاولات التحمية، أي قليلاً بعد سنة 1850، وجدت مكنة البخار مصدر قوّة أكبر ومردوداً أعلى في تطوّر صناعتها وفي استعمال أنواع الفولاذ الخاصّة، إلاّ أنّ الكلّ كان يعرف أنّه لم يعد بالإمكان الذهاب أبعد من هذا. أمّا بالنسبة للتربينات الهيدرولية فقد كان التطوّر ثابتاً ومهمّاً في هذا المضمار. بعد بويدن Boyden وفرانسس Francis، قليلاً قبل سنة 1850، بدأت هذه التطوّرات بطيئة، وقد ذكر المؤرّخ هانتر Hunter: «كنّا نميّز هذه التربينات من شكلها الحديث والمبتكر، وصنعها البسيط والمتين، وإنتاجها بكثرة بأسعار محدودة وتبعاً لأحجام معيّنة (ستاندرد)، ومردودها الذي وصل خلال بضع سنوات، لا بل تجاوز مردود العجلات التي كان بويدن وفرانسس قد رسماها وصنعاها بكدّ وعناية». كنّا نتّجه نحو تربينات للشلاّلات المنخفضة (من 15 إلى 20 قدماً)، تضع قوى متوسّطة ما بين 35 و 75 حصاناً. كان من الضروري أن تكون زهيدة الثمن، مكفولة، وذات مردود جيّد، وقد توصّلنا إلى أدنى حدّ لعناصر العجلات، دقّة الأبعاد، الصنع والمعايرة اليدويين. وكما ذكر ثرستون Thurston، كانت التربينات الأمريكية وقواديسها تصنع وتركّب في مكان عملها وتدور على الفور.

إلاّ أنّه كان لهذه العجلات أيضاً بعض الحدود: سرعة ضعيفة، مردود طفيف، فتح جزئي للسكور وميل الانسداد بالبقايا بفعل الحجم الصغير للقواديس وفتحاتها. كانت السرعة الضعيفة ترافق الأحجام الكبيرة والأوزان الثقيلة بالنسبة للطاقة الحاصلة، وكذلك ارتفاعاً تناسبياً في كلفة الإنشاء. وبهدف إلغاء هذه الحدود وصلنا إلى التربينة الحلزونية - المندفعة نحو المركز: ازدادت السرعة عبر تعميق ثم توسع القواديس ومدّها نحو مركز العجلة ممّا زاد حجم المنسوب والقوّة، ولكن ترك مكان صغير في الوسط من أجل التفريغ. عندئذ اضطررنا إلى توجيه القواديس نحو الأسفل من أجل فسح المجال أمام الماء: حيث تمّ تقويس الشفرات نحو الأسفل ونحو الخارج حتّى أصبحت الماء تمرّ عبر العجلة وتجري بشكل حلزوني بصورة هادئة ومتواصلة. من جهة أخرى أدّى تخفيض عدد القواديس إلى زيادة القوّة ومنع الانسداد بالبقايا. هكذا خلال نصف قرن من الزمن، من 1840 إلى 1890، حصلنا على نفس القوّة مقابل نصف الحيّز وخمس التكلفة.

أمّا التحسينات الأخيرة فقد كانت تهدف إلى زيادة مردود الفتح الجزئي من أجل التوفير بالمياه. كانت تربينة سوين Swain، بمردود 75% عندما تكون كلّ السكور مفتوحة، تسقط بنسبة من 66 إلى 50% عند فتحات تبلغ الثلاثة أرباع أو النصف. منذ 1879-1880، توصّلنا إلى الحدّ كلّياً تقريباً من سقوط المردودات عند فتحات جزئية. في مناجم

كاليفورنيا استعملت العجلة التماسية وأفضل أنواعها عجلة بلتون Pelton، وقد تطوّرت من حيث الحجم ومن حيث القوة ووصلت إلى حدود 80% وقوّة 1000 حصان. مذ ذاك أصبح بالإمكان استبدال مكنات البخار بها مع توفير ثلثي سعر الطاقة على الأقلّ. هنا أيضاً لم يكن بالمقدور الذهاب أبعد.

من حيث أنّنا حصلنا بعد ذلك على مادّة تتمتّع بخصائص فيزيائية محسّنة، أي الفولاذ، ثمّ أنواع الفولاذ الخاصّة، أصبح بالإمكان استعمال التربينة المائية ضمن شروط مختلفة. لقد سبق أن رأينا أنه منذ ما قبل 1848، خطرت فكرة تجهيز شلاّلات عالية، مع قوّة كبيرة ومنسوب كبير. كانت العجلات المصنوعة من الحديد الصبّ تحدّ من الوقت ذاته من الضغط ومن سرعة الدوران. ثمّ أصبح استعمال الشلاّلات الكبيرة ممكناً مع العجلات الفولاذية والأنابيب الفولاذية. ويبدو أنّ المحاولات الأولى تمّت بهدف تسيير آلات لعجن الأخشاب أي لنزع عروقها النباتية كي تصبح صالحة للصناعة الورقية وكانت تحتاج إلى قوّة كبيرة جدّاً. ويُعتبر ماتوسيير Matussière في منطقة دومين Domène (1870)، فريديه Frédetفي برينيو Brignoud (1871)، وأورتور Horteur في سان ريمي دو موريين -Saint Rémy de Maurienne (1878) من الروّاد في هذا المجال. سنة 1882 وصل بيرجيس Bergès إلى الخمسماية متر، أمّا تربينة بلتون فتوصّلت إلى أن تصبح محوّلاً للطاقة؛ سرعان ما أعطتها الكهرباء كلّ قيمتها وسنعود لاحقاً إلى هذا الموضوع.

في الواقع انبثقت محوّلات الطاقة الجديدة عن الآلتين الأساسيتين السابقتين؛ المكنة المتناوبة ذات المكبس والتربينة. هنا لدينا مثل كامل عن ثبات سلالة تكنولوجيا معيّنة. لونوار Lenoir لم يستعمل سوى أجزاء مكنة بخارية، كما أنّ فكرة ديزل Diesel الرئيسية إنجاز مكنة بخارية ذات مردود عال، أمّا بارسنز Parsons ولا فال Laval فقد استبدلا الماء بالبخار من أجل تدوير التربينات. إذا كنّا نرى الأبحاث بطيئة وممتدّة أحياناً على مدى أكثر من قرن، فذلك لأنه من أجل تحقيق هذه الأفكار، كان يجب الإمساك ببعض عناصر لم تكتشف إلاّ في الفترة التي تهمّنا هنا، أي بعد سنة 1850.

لقد رسم القسّ دو أوتفوي de Hautefeuille ومن بعده هوغينز Huygens أولى أفكار المحرّك ذي الاحتراق الداخلي، حتّى قبل الظهور الفعلي لمكنة البخار. حتّى نهاية القرن الثامن عشر، مع الإنكليزي باربر Barber، كان هناك تردّد بين الانفجار والاحتراق، بين استعمال هذا الاحتراق مباشرة أو العبور بواسطة الهواء الساخن. اتّجه أوّلاً نحو قوّة الهواء الساخن الميكانيكية: لقد أعيد العمل الذي وضعه الإنكليزي ستيرلينغ Stirling سنة 1826 وأنجز بواسطة السويدي إريكسون Ericsson، وكان عبارة عن مجرّد آلة وحيدة المفعول

يديرها الهواء الساخن. والسيئات كانت عديدة: وجود الموقد الذي يعني خطر الحريق بالنسبة لمحرّك صغير معدّ للعمل في المنزل، حجم التزوّد بالفحم، تغيّر شكل الأسطوانة بسبب الحرارة وبحكم الاشتعال الداخلي. أمّا الإنكليزي براون Brown، فقد اعتمد سنة 1824 وتبعاً لمقترحات آخرين، مثل لوبون Lebon فجر القرن التاسع عشر، مزيجاً من الهواء والغاز.

المحرّك الحقيقي ولد نتيجة عدد من الاختراعات الجزئية واحتياجات محدّدة بوضوح. في الواقع، كانت المسألة المطلوب حلّها مسألة محرّك صغير للعمل في المنزل، من أجل استعمال آليات ظهرت لتوّها، لا سيّما مكنة الخياطة. قوى صغيرة، ولكن حجم محدود إن بالنسبة للجهاز أو مخزون الوقود، وأيضاً استبعاد لمخاطر الحريق. أمّا مصدر الطاقة الأفضل عملياً فكان غاز الإنارة: ونعرف أنّ هذه التقنية الجديدة قد انتشرت بعد سنة 1815. كان لدينا إذن نوع من الوقود موزّع أينما كان، ولا حاجة للتخزين منه، والآلة نفسها كانت مكوّنة بكلّ بساطة من أعضاء مكنة بخار تناوبية كلاسيكية. كان يجب مزج الهواء والغاز: لقد رسم باوبر، منذ نهاية القرن الثامن عشر، فكرة المكربن أو الحارق. وفي سنة 1843 فكّر الأب أوجينيو بارسانتي Eugenio Barsanti باستخدام بطّارية فولتا Volta من أجل إشعال المزيج القابل للاحتراق بواسطة شرارة. بعد سنة 1852، قام بارسانتي نفسه، مع المهندس فيليكس ماتيوكسّي Félix Mateucci، بدراسة مسألة النسب التي يجب الحفاظ عليها في المزيج. بعد ذلك وضع البلجيكي لو نوار Lenoir المحرّك سنة 1859 وحصل على براءته سنة 1860. كانت البراءة تشير إلى «محرّك بهواء متمدّد بواسطة احتراق الغازات المشتعلة بالكهرباء وقادر على أن يحلّ مكان البخار كقوّة محرّكة»، وكان التركيب سهلاً للغاية. «استخدم جزءاً من القطع الرئيسية في مكنة البخار الأفقية، أي الدولاب، الجذع المدوِّر، الساعد، المزلقة، الأسطوانة ومنحرفتي المركز من أجل تحريك الصمامات المنزلقة». كانت الشمعة مؤلّفة من سلكيْ بلاتين يعزلهما البورسلين، ويرتبطان ببكرة رومكورف Ruhmkorff معدّة من أجل تعديل جهد التيار الناتج عن البطّاريات. أمّا الصمامان المنزلقان فكان يستعمل أحدهما لاستقبال مزيج الهواء والغاز، والآخر كمخرج لمواد الاشتعال. وكان المزيج مركّباً من خمس وتسعين وحدة من الهواء مقابل خمس للغاز، وكان يحيط بالأسطوانة غلاف من الحديد الصبّ تسيل فيه ماء التبريد.

قد تدهشنا بعض الشيء أفكار معاصري لونوار. لقد فكّر هذا المخترع في الواقع بمحرّك كهربائي ولكن، كما يذكر فيغييه Figuier، «سرعان ما تجلّت الخطوط الواهية،

سنة 1870، لهذا الأمل عند رؤية ضعف المفعول الميكانيكي الناتج عن المغنطيسية الكهربائية» ولم يخلُ محرّك لونوار من السيّئات. بشكل خاص كان صماما التوزيع، الخاضعان لحرارة مرتفعة، يتسبّبان بحوادث متكرّرة. وأخيراً، كما لاحظ أيضاً فيغييه، «لم تكن هذه الآلة اقتصادية»؛ في البداية، كان يتوقّع منها أن تصرف متراً مكعّباً من الغاز من أجل إنتاج قوّة حصان. على ثلاثين سنتيماً كان الأمر يكلّف ثلاثة فرنكات في يوم عمل من عشر ساعات، بينما كانت مكنة البخار العادية تستهلك خمسة أو ستة كلغ من الفحم الحجري بالساعة وبالحصان. وكان هناك حتماً ربح من حيث الحجم، وإلغاء لمولّد البخار والموقد، واختفاء الدخان. إلاّ أنّه عملياً جاء استهلاك الغاز أكثر بثماني مرّات من التوقّعات. مع تقدير للقوّة الحرارية لهذا الغاز بنحو 5000 حريرة (كلوري)، يصل المعادل الميكانيكي للحرارة إلى 635 حريرة لكلّ حصان ـ ساعة، والمردود فقط من 3,52 إلى 4,45 بالنسبين للنوعين المجرّبين. لم يكن بالإمكان استعمال المحرّك إلاّ في حالة القوى الصغيرة، من نصف حصان إلى حصانين.

بالرغم من هذا كان المحرّك يستوعب عدداً من التحسينات. أوّلاً كان يجب وضع نظرية واضحة وجيّدة، وقد وضعها كما نعرف الفرنسي بو دو روشا Beau de Rochas الذي عرض في براءته العائدة إلى 16 كانون الثاني (يناير) 1862، تعريف المحرّك ذي الأربع دورات، الذي أصبح ممكناً بفضل أعمال الديناميكا الحرارية التي تبعت إيضاح دورة كارنو Carnot (1824)، أي أعمال جول Joule ومونغولفييه Montgolfier، ومبدأ التوازن الذي وضعه ماير Mayer سنة 1842 وأبحاث و. طومسون W. Thomson وكلاوسيوس Clausius. أمّا طريقة ضغط المزيج الحارق مسبقاً فكانت تتضمّنها بشكل سطحي براءة الفرنسي دوغران Degrand (حزيران 1858)، كما وردت عرضياً ضمن فكرة الإيطالي دو كريستوفوريس De Cristoforis التي تقول بضغط الهواء قبل خلطه مع الغاز (1859). أمّا بو دو روشا فقد تميّز بكونه أبرز، قليلاً بعد تركيب لونوار Lenoir، فائدة أشواط المكبس الأربعة في الحصول على مردود أفضل: الاجتذاب، الضغط، الانفجار والانبساط، تفريغ الغازات المحروقة.

بعد ذلك استعيد البحث على أسس أقوى. لقد قدّم الألماني نيكولاس ـ أوغست أوتو Nicolas-Auguste Otto، سنة 1862، محرّكاً بأربع أسطوانات واضعاً المكابس المحرّكة، مكابس عائمة كان يأمل بواسطتها تفريغاً كاملاً للغازات المحترقة. وكان قد لاحظ أنّه إن لم تكن الأسطوانة مملوءة كما يجب، فإنّ الانفجار لا يكون كافياً لدفع المكبس إلى نهاية شوطه، لا بل يندفع في الاتجاه المعاكس بسبب انخفاض الضغط الناتج

عن خروج احتراق الغازات. بعبارة أخرى، كان استعمال المفعول الميكانيكي ناقصاً كما كان الضغط الجوّي يتدخّل قبل نهاية شوط المكبس. ما قام به أوتّو كان التعديل في نسبة المزيج هواء - غاز، وإزاحة نقطة الإشعال، وملء أسطوانة المزيج تماماً تقريباً على مدى الشوط كاملاً، وترك الجزء يدور بالاتجاه المعاكس من أجل ضغط هذا المزيج، أمّا الإشعال فكان يُعطى عند معدّل الضغط الأقصى. لكن لدهشته، قام الدولاب بعدد من الدورات السريعة، منتجاً قوّة أكبر بكثير. لهذا وضع محرّكاً ذا أسطوانات متقابلة اثنتين تجاه اثنتين، ثمّ أعطى أفضلية للأربع أسطوانات من أجل الحصول على مزدوج متجانس. هذا المحرّك وضع قيد العمل منذ كانون الثاني (يناير) 1862، لكن ارتجاجات مفاجئة عند الإشعال أدّت إلى تدميره. لقد كان حدس أوتّو صحيحاً ولكن نظرياته ضعيفة جدّاً. الفرنسي بيار أوغون Pierre Hugon الذي بدأ أبحاثه سنة 1853 ولمس نتائجها سنة 1858، كان يستعمل الدورة على مرحلتين، دون ضغط، عابراً من المحرّكات ذات المفعول المباشر إلى المحرّكات ذات المفعول غير المباشر. في الواقع، تُظهر لنا براءة أوغون العائدة إلى سنة 1860 محرّكاً جوّياً حيث المكبس يعمل تحت الماء، ممّا كان يسمح بسير منتظم. في آذار (مارس) 1865، اعتمد أوغون المحرّك مزدوج المفعول، والأسطوانة العامودية مع ضخّ للماء ومنافخ للتزويد.

بين السنتين 1864 و 1867 اشترك أوتّو مع المهندس أوجين لانجن Eugen Langen ووضعا آلة عامودية ممتدّة الانبساط إلى ما تحت الضغط الجوّي. كان هذا الانبساط الطويل يؤمّن بالنسبة لهذا المحرّك ذي الدورتين مردوداً مهمّاً ذاك العصر: لقد وصل استهلاكه من الوقود إلى ثلثي استهلاك محرّك لونوار Lenoir.

إذن نحو سنة 1870، كان لدينا ثلاثة محرّكات: لونوار، أوغون وأوتو - لانجن. تمّ تحسين المردود لكنّه بقي نوعاً ما ضعيفاً، وكانت هذه المحرّكات تستعمل لقوى صغيرة رغم الضجّة الكبيرة التي تثيرها أثناء العمل. وصل مردود محرّك أوتّو الأخير إلى 13,7% على مئة وست دورات، و 8,25% على خمس وسبعين دورة. استهلاك الوقود كان ما يزال كبيراً، أيّ أنّ هذه الطاقة كانت باهظة الكلفة لكنّ هذه المحرّكات كانت الوحيدة القابلة للاستعمال في بعض الظروف. بين العامين 1867 و 1876، كانت التطوّرات معدومة تقريباً، إلاّ أنّنا رجعنا إلى بعض الأفكار القديمة لأنّ دو كريستوفوريس De Cristoforis كان قد فكّر بها منذ 1859: استعمال البترول ومشتقاته مكان الغاز. ومنذ السنتين 1872-1873 قام ساعاتي من ميونيخ Münich هو كريستيان رايتمان Christian Reithmann بوضع أوّل محرّك حقيقي بأربع دورات، وبين 1872 و 1876 تصوّر الأمريكي برايتون Brayton حارقاً يستعمل

البترول: كان الهواء يمّر على إسفنجة مبلّلة بالبترول والسائل يسقط قطرات صغيرة دقيقة على قماشة معدنية يتواصل خلفها الاحتراق دون انقطاع ودون انفجار. وهكذا حصلنا على أوّل آلة ذات احتراق داخلي بالزيت الكثيف.

سنة 1876 اعتمد أوتّو، يساعده ديملر Daimler ومايباخ Maybach، المحرّك ذا الدورات الأربع ثم شهدت سنة 1877 ظهور المحرّك النهائي، على الأقلّ من حيث مبدئه وخطوطه العريضة. بعد ذلك لم تُجر عليه سوى تحسينات طفيفة: أنهى ديملر تقويم الحارق، ووضع فورست Forest، سنة 1885، الإشعال بواسطة المغنيط. سنة 1890، تمّ اعتماد التبريد بواسطة الماء، ونحو سنة 1892 كان المحرّك ذو الدورات الأربع منتهياً بالفعل: فقد استفاد من تطوّرات الصناعة المعدنية كما أنّ تغيير نوع الوقود ضمن له حركيّته. ولكن عندئذٍ الهدف منه تغيّر بالكامل، فبعد أن كان معدّاً في البدء كمنتج طاقة للصناعة المنزلية، تحوّل منذ سنة 1892 إلى الأداة الأساسية لوسيلة نقل جديدة بنى عليها كلّ النجاح والازدهار.

أمّا فكرة رودولف ديزل Rudolph Diesel الأساسية فكانت تحقيق آلة تقترب أكثر ما يمكن من دورة كارنو Carnot. بدأ سنة 1883 العمل على مكنات بخارية ولكن مستعملاً غاز الأمونياك بدلاً من بخار الماء؛ كان المبدأ رديئاً لكنّه سمح له بتوسيع معلوماته التقنية. وسنة 1890 انطلق في طريق أخرى، مثمرة أكثر:

من أين جئت بفكرة استبدال الأمونياك بغاز حقيقي، أي الهواء المضغوط بقوة والمسخّن، وإدخال جزئيات دقيقة من الوقود تدريجياً في هذا الهواء وتركه ينبسط أثناء احتراق الجزئيات، بشكل يتحوّل معه أكثر ما يمكن من الحرارة الناتجة إلى عمل خارجي، في الحقيقة لست أعرف تماماً.

أيّ حال تمكّن ديزل من الوصول إلى نتائج عديدة: أ ـ البخار المسخّن على درجة عالية أو الغازات هي ضرورية للحدّ من الخسارة الناتجة عن الاحتكاك بالجوانب؛ ب ـ من الضروري إجراء ضغط قوي للحصول على هبوط كبير في الحرارة ضروري بدوره للحصول على مردود عال من كارنو؛ ج ـ يجب أن يتمّ الاحتراق داخل الأسطوانة لتجنّب خسارة انتقال الحرارة؛ د ـ يجب أن نصل إلى حرارة الاحتراق والاشتعال تحت التأثير الوحيد للضغط.

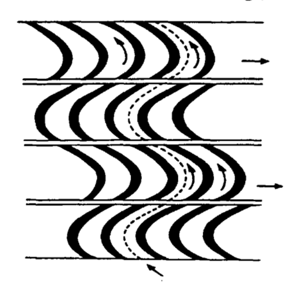
ومن هنا نتجت حلقة منطقية تماماً تتضمّن: أ ـ مرحلة ضغط أولى متولّدة في حرارة ثابتة (20° مئوية) بفعل ضخّ المياه؛ ب ـ مرحلة ضغط ثانية مع ارتفاع للحرارة حتّى أعلى من نقطة الاشتعال: 250 جوّية و 800°. عندئذ يأتي اشتعال المحروق الداخل تدريجياً؛ ج ـ مرحلة انبساط أولى مع ضخّ للمحروق واحتراق ثابت الحرارة: حتّى 90 جوّية وحرارة 800°؛

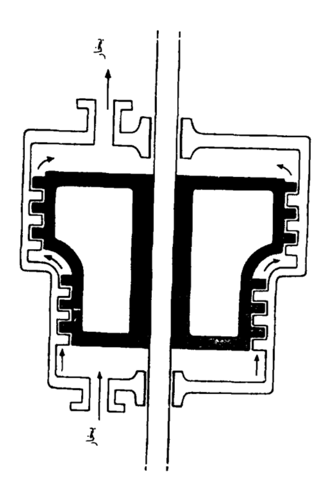
د ـ مرحلة ثانية من الانبساط نعود فيها إلى الـ 20° تحت ضغط جوّية واحدة.

إنّ آلة كهذه كان من الصعب تحقيقها، فقد كانت تتضمّن في الواقع ضغوطات قصوى عالية جدّاً تجاه ضغط متوسّط ضعيف. عندئذ عدّل ديزل في حلقته بإلغاء مرحلة الضغط الأولى، ممّا سمح بخفض الضغط الضروري لإحداث الاشتعال بصورة ملحوظة. كذلك لغى حدود الخطّة (نهاية الضغط ونهاية الانبساط النظريين) قابلاً بداية احتراق غير ثابت الحرارة وانبساطاً مقطوعاً. وأخيراً رأى أن يحقّق الحلقة في آلة مركّبة، أي تباعاً في اسطوانات مختلفة، بالنسبة للضغط كما بالنسبة للانبساط. مدعوماً بشركة صناعة آلية كبيرة وبأسرة الصناعيين كروب Krupp، تمكّن ديزل من صنع أوّل محرّك له، دون تبريد الأسطوانة وأعدّه لاستعمال ضخّ آلي للمحروق: وقد جرت أولى المحاولات في آب (أغسطس) 1893. إذا كانت المبادىء صحيحة فإنّ المحرّك لم يسر كما يجب، فقد كان يجب اعتماد التبريد بواسطة الماء والضخّ الهوائي. محرّك 1895 سار بشكل أفضل، ومحرّك 1897 كان بعشرين حصاناً وعمل بصورة ممتازة، ولكن اضطررنا إلى التخلّي عن بعض الآمال لا سيّما دورة كارنو النظرية.

التربينة البخارية اعتمدت فكرة معروفة ومطبّقة هي فكرة التربينة المائية وذلك بجمعها مع فكرة قديمة أخرى هي فكرة الطاقة الناتجة عن بخار الماء في بعض الشروط. وتمّ وضع هذه التقنية الجديدة على مراحل عديدة تمشّياً مع تطوّر النظرية (شكل 7). أمّا تشارلز بارسنز Charles Parsons فكان أوّل من صنع، سنة 1884، تربينة بخارية، متعدّدة الخلايا، بعشرة أحصنة، تدور 18000 دورة في الدقيقة. هنا أيضاً، كان من الضروري انتظار المادّة المناسبة للصنع. من جهة أخرى، حقّق السويدي دو لافال de Laval، سنة 1890 وبمعزل عن منافسه الإنكليزي، تربينة بخارية بقرص واحد يدور 30000 دورة في الدقيقة. ومن أجل تحقيق هذه الفكرة كان يجب تخطّي عدد كبير من الصعوبات: رسم وتقطيع التشبيكات الدقيقة، استعمال حلّ جديد كلّياً بالنسبة لذلك العصر وهو جزع رحوي دقيق بما يكفي لجعله مرناً (شكل 8). كلّ هذا، بالإضافة إلى جهود وسرعة كبيرة، كان يتطلّب محيطاً تقنياً من الأدوات والمواد ظهر لتوّه. أمّا تفوّق التربينة فكان يعود إلى حركتها الرحوية التي كانت تسمح بصنع آلات ذات قوّة موحّدة غير محدودة. عند قوّة معادلة ومقارنة مع مكنة البخار التناوبية الكلاسيكية كانت تتميّز التربينة بحجم محدود ممّا أعطاها حسنات حقيقية في بعض القطاعات خاصّة قطاع الآلات البحرية. لقد كانت تكاليف الصيانة ضئيلة جدّاً: ثلث استهلاك مكنة البخار الكلاسيكية من زيت التشحيم. السيئة الوحيدة كانت، على الأقلّ في البداية، استهلاك كمّية من البخار مرتفعة أكثر.

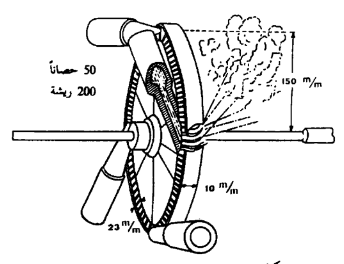
شكل 7 ــ صورة عامة (إلى اليسار) التربينة بارسنز Parsons، وصورة لريشاتها (إلى اليمين).





إذن كان من التحسينات أن تسعى إلى تأكيد مزايا التربينة البخارية وتخفيض عدد السيئات. سنة 1896، استعمل كورتيس Curtis في تربينة فاعلة عمودية المحور، وفي الوقت ذاته، ضغط البخار، الذي كان فعلاً أساس الآلة، ولكن أيضاً الانبساط، مُزيداً بهذا نسبة المردود. من جهة أخرى كان راتوه Rateau قد بدأ بالعمل على مسألة تهوية المناجم، إذن كان يصبّ اهتمامه على الميكانيك الرحوي. سنة 1892، نشر كتاباً حول الآلات العنفية وخاصّة مراوح التهوية، ثمّ نشر سنة 1900 دراسة تتناول الآلات العنفية Turbo المحضة. وفي نفس السنة، 1900، اخترع أوّل آلة متعدّدة الخلايا له وحقّق خلال الحرب العالمية الأولى الضاغط العنفي من أجل فرط إلقام المحرّك وكانت تحرّكه غازات الإنفلات: إذن كان بالإمكان تحرير التربينة من البخار. أمّا استعمال التحمية والانتقال من الفحم إلى المازوت فقد طوّر التربينة بصورة ملحوظة. كان المردود يزيد بسرعة واستهلاك الوقود يتناقص.

المحرّك الكهربائي هو محوّل طاقة عند الدرجة الثانية، ففي الواقع يجب أن تُعطى له الطّاقة، بشكل طاقة ميكانيكية، بواسطة محوّل أوّلي. بالمقابل سوف نرى أنّه يمكن تحويل هذه الكهرباء إلى طاقة ميكانيكية بدون أي واسطة. كان تحقيق المحرّك الكهربائي يستدعي عدداً كبيراً من الاكتشافات المسبقة: المغنطيسية الكهربائية التي وضعها غالفاني Galvani، والديناميكا الكهربائية التي عمل فيها أورستيد Orsted، أمبير Ampère وفاراداي Faraday. فارادي كان أوّل من وضع سنة 1828 مبدأ المحرّك الكهربائي القائم على الحثّ. سنة 1832 حقّق بيكسي Pixii أوّل آلة مع تيّار محثّ في بكرتين، ومغنطيس كهربائي ثابت. سنة 1834، نشر موريتز هيرمانْ فون ياكوبي Moritz Hermann von Jacobi بحثاً حول تطبيق المغنطيسية الكهربائية على حركة الآلات، وفون ياكوبي هو من اخترع التلبيس بالكهرباء. أمّا شتوهرر Stöhrer سنة 1834، ووولريتش Woolrich سنة 1844 فقد



شكل 8 ــ صورة تربينة لافال Laval.

تصوّرا مكنة مغنطيسية كهربائية بخارية كبيرة لم تُنجز قبل سنة 1867. سنة 1849 ركّب كلارك Clark إحدى أولى الآلات المغنطيسية الكهربائية، تبعه ليتل Little سنة 1852 والدنماركي سورين هيورت Sören Hjorth سنة 1854. أمّا ج. سنستيدن Sinsteden، من جهته، فقد وضع سنة 1851 أوّل مردّد أحادي الطور مع مغنيط محرّك. نلاحظ إذن مسيرة بطيئة شاركت فيها التطوّرات العلمية والمعلومات التقنية على السواء.

كان أنطوان باشينوتي Antoine Pacinotti يبحث عن وسيلة عملية لقياس التيّار. عندئذ تصوّر جهازاً ديناميكياً كهربائياً يصل بين دارة ثابتة ودارة متحرّكة يمرّ عبرهما التيّار المطلوب قياسه. كان هذا الجهاز غير ممكن التحقيق عملياً، لكنّ المخترع فهم أنّ تعديلات بسيطة تسمح بتحويله بعد أن كان معدّاً للقياس إلى آلة كهربائية مغنطيسية مطردة أو متواصلة التيّار. على حلقة تدور لفّ سلكاً بشكل حلزوني ووضع من كلّ جانب من الحلقة حكّاكين اثنين؛ ثمّ وضع قضيبي فولاذ ممغنطين مع قطبيهما قرب الحلقة. في 10 كانون الثاني (يناير) 1859، ربط بالحكّاكين مقياساً غلفانياً، ثمّ أدار الحلقة بقوّة بين قطبي المغنطيسين المتضادّين. عندئذ قفزت إبرة المقياس الغلفاني إلى طرف الترقيم النهائي. هكذا وجد للمرّة الأولى تيّار الحثّ المطّرِدْ، الناتج عن آلة غير أحادية القطب. سنة 1860 تمّ تركيب نموذج أكثر إتقاناً: حيث تمّ استبدال المغنطيسين الدائمين بمغنطيس كهربائي واحد مزوّد بقطعتين قطبيّتين مقوّستين تتعانق كلّ منهما، وعلى الجهتين المتقابلتين، بأكثر من ثلث دائرة الحلقة. أمّا الحلزون المتواصل فقد اسْتُبدل بست عشرة بكرة مرصوفة بالتوالي وعلى مسافات متساوية، مدرج بينها نتوءات من الحديد للحدّ من المسافة بين الحلقة والقطع القطبية. كانت الاتّصالات الكهربائية مع البكرات تتأمّن بواسطة مبدّل أسطواني، مركزه محور الحلقة ويتضمّن ستّة عشر سواراً معدنياً تتصل تباعاً مع ستّ عشرة قطعة من سلك نحاسي تربط البكرات الستّ عشر بالتوالي. وأخيراً استُبدل الحكّاكان بأكرات معدنية، لكن باشينوتي لم ينجح أبداً بصنع آلته بحجم كبير.

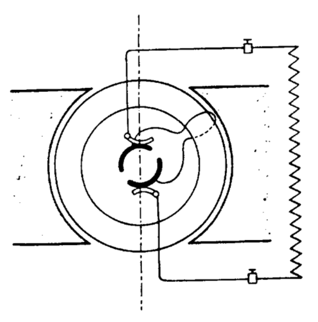
ثمّ جاءت أعمال فرنر سيمنز Werner Siemens وساهمت بالمرحلة الحاسمة. في نفس فترة باشينوتي، كان يحاول وضع الآلة المغنطيسية الكهربائية، منذ سنة 1857. سنة 1865، اكتشف الدينامو مستعملاً مبدأ المغنطيس الكهربائي، مولّد مساعد من أجل حثّ المغنطيس. مع ويتستون Ch . Wheatston، توصّل إلى إنتاج تيّارات عالية الشدّة.

البلجيكي غرام Gramme هو من حقّق أخيراً الآلة العملية الأولى، مصنوعة من عناصر خدمت مراراً أسلافه؛ ولقد قام أثناء عمله بتقليص دور البطّارية، الحاشدة التي وضعها بلانتيه Planté سنة 1859، والمردّد (شكل 9). وبعد براءة أولى، في شباط (فبراير) سنة

1859، بالنسبة لتحسينات عديدة أجراها على الآلات ذات التيار المتردّد، حصل في تشرين الثاني (نوفمبر) سنة 1869 على براءة نهائية «بالنسبة لمختلف التحسينات التي أجراها على الآلات المغنطيسية الكهربائية»، أكملتها شهادتان تعود إحداها إلى نيسان (أبريل) سنة 1870 وتحتوي على نظرية الآلة. أمّا أوّل آلة كبيرة منتجة للتيار فقد صنعت في سنة 1875: كان حثّ المغنطيسات يتمّ بواسطة دينامو محوري صغير. سنة 1873 وبينما كان الفرنسي إيبوليت فونتين Hippolyte Fontaine يعرض في فيينا، حصل معه حادث في التركيب اضطرّه إلى وصل دينامو على آلة تعمل على مسافة مئتين وخمسين متراً. كما اكتشف في نفس الوقت انعكاسية آلة غرام ونقل الكهرباء على مسافة معيّنة. بعد ذلك جاءت محاولات نقل الكهرباء بين باريس وكراي Creil التي قام بها دبريز Deprez سنة 1883، واختراع غولار سنة 1884 للمحوّل فأخذت الكهرباء بعدها الحقيقي.

إلاّ أنّ الكهرباء، التي شاهدنا تطبيقها في ما بعد في عدد كبير جدّاً من الميادين، بقيت مدينة لمحوّل للطاقة. التربينة المائية والشلاّلات الكبيرة، التربينة البخارية - وقد كانت أوّل تربينة وضعها بارسنز Parsons معدّة بالتحديد من أجل تسيير آلة كهربائية -، ومحرّك ديزل، كلّها اختراعات وضعت في اللحظة التي كان بإمكان الكهرباء أن تستفيد منها. قام بارسنز بعمله سنة 1884؛ وفي نفس السنة أسّس غولار أوّل مركز كهربائي بواسطة شلاّل ماء، في بلغارد Bellegarde.

إذن تحوّلات مسألة الطاقة كلّياً. بدلاً من منتجات محدودة، تفتقر إلى المرونة، وثابتة بالضرورة، أصبحنا نجد محوّلات عالية النوعية مع سلّم كبير من درجات القوّة،



شكل 9 ــ مبدأ الدينامو (عن لير Lehr)

متحرّكة بالنسبة للبعض منها، وقادرة أخيراً على نقل الطاقة مسافات، ما كان منذ وقت بعيد أحد أحلام البشرية.

يبدو أنّ التطوّر الكبير الثاني الذي شهدته هذه الثورة الصناعية حصل في مجال المواد. فالمواد هي التي أثّرت بشكل واسع على عدد كبير من التقنيات بالاستعانة بها لما كانت تحتاجه إن من الناحية الطاقية أو الناحية الكيميائية. وقد يعجب القارىء إذا قلنا أنّ التاريخ في هذا المجال ما زال ينتظر من يكتبه، رغم أنّنا نملك اليوم مادّة وثائقية غنية تنوّرنا بالتفصيل حول الموضوع. بالطبع هناك حالات استثنائية، مثل حالة الفولاذ أو حالة النسيجيات الاصطناعية، ولكن هناك حالات كثيرة أخرى لا نملك عنها سوى بعض الإشارات غير الواضحة.

لقد ذكرنا الحدود التي كان يفرضها استعمال الحديد، وهذا في بعض المجالات، ولكن نشير على الفور أنّه كان في بعض الحالات عبارة عن مادّة ممتازة للاستعمال هكذا مثلاً بالنسبة لهياكل البناء، وفي الفترة التي نتناولها هنا تكاثرت الجسور والهياكل الحديدية بعد أن كانت قليلة نوعاً ما. وبدأ خلال السنوات 1845-1848 الإنتاج الغزير لقضبان الحديد المجنّبة، لا سيما على شكل U أو T، خارجة مباشرة من المصفّحات وليست مطرّقة بعناء كما في السابق. عندئذٍ أصبح هيكل البناء المعدني تقنية متداولة بعد أن كان يثير الدهشة بادىء الأمر. وتنوّعت طرق بناء ردهات المحطّات، في باريس مثلاً من المكتبة الوطنية في لابروست Labrouste إلى مظلاّت بالتار Baltard الشهيرة في منطقة Les Halles. وإذا قطعنا قسماً من النصف الثاني في القرن التاسع عشر، نلتقي بالحديد من جديد في برج إيفل Eiffel، سنة 1889.

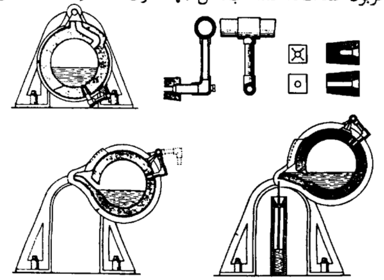
إلاّ أنّ ضغط بعض الطلبات حوّل وجهة الصناعة الحديدية إلى طرق أخرى وفرض مادّة جديدة، حتّى في الحالة التي قد يكون الحديد فيها كافياً. ونشير على الفور إلى أنّ ظهور معدن، ليس مجهولاً، ولكن منتوجاً بكمّية كبيرة وبأسعار مرضية، أدّى بالضرورة إلى عدد من التغييرات في تجهيز هذه الصناعة. في الواقع كان الفولاذ يجيب عن احتياجات أساسية وكان عليه إذن أن «يخرج» بكمّيات أكبر على الدوام. المسألة الأبرز كانت مسألة عمليّات الصبّ التي كانت تمثّل، كما سنرى، جوانب من نوع خاص. لقد بقي المصهر العالي الأداة نفسها، إلاّ إنّه كان يجب زيادة المنسوب: مع استعمال الكهرباء، وصلنا إلى مكننة بلغت أوجها، لا سيّما بالنسبة للشحنات. وبفضل أبحاث التكنولوجيا العلمية، تمّ تحسين سير المصهر بغية الحصول على منتجات ضرورية لصنع الفولاذ. سنة 1875 توصّل بورسيل Pourcel، في مصاهر منطقة تير ـ نوار Terre-Noire، إلى صناعة الحديد الممغنط:

فقد كان ينبغي تجنّب تآكل التجهيزات الصوّانية في البوتقة بسبب المنغنيز، واعتماد منحى حارّ جدّاً مع جفاء يسجّل مؤشّر قاعدية مرتفعاً جدّاً.

التجديدات الأكبر أوجدت الفولاذ المنتوج بالجملة. خلال حرب كريمياCrimée أكبّ بسمر Bessemer، وهو مهندس عصامي ومخترع مثمر، على مسائل المدفعية. فقد كان، في البدء، يفكّر بمقذوف ذي حركة رحوية وشكل انسيابي، وقد أخذ براءته سنة 1854. ثمّ شجّعته إدارة الحرب في الحكومة الإنكليزية وتمكّن من إجراء تجاربه في منطقة فينسان Vincennes حيث لاحظ أنّ وحدها المدافع الفولاذية بإمكانها أن تطلق هذا المقذوف الجديد. إذن كانت المسألة في إنتاج هذا الفولاذ بكمّيات كافية وبأسعار منخفضة. انكبّ بسمر بسرعة على العمل ولم يحاول في الواقع زيادة الإنتاج إلاّ من خلال الأساليب المعروفة. تعود براءته الأولى إلى أوّل كانون الثاني (يناير) 1855 ولم تكن تذكر سوى طريقة قديمة جدّاً هي دمج الآهن مع الحديد من أجل الحصول على المادّة الوسيطة أي الفولاذ. كذلك لم تحد البراءة الثانية، حزيران 1855، عن الطريق الممهّدة. ثمّ جاءت سلسلة ثالثة من التجارب قاربت الهدف، فعندئذٍ استعمل بسمر ضخّاً للهواء ولبخار الماء في الآهن أثناء صهره، وكانت هذه تقنية معهودة ذكرها جيمس ناسميث James Nasmyth في براءته العائدة إلى أيّار (مايو) 1854. كان ينتج عن الهواء أو بخار الماء هزّ مغطس الصهر ومن جهة أخرى إحداث تفاعلات كيميائية على الكربون وعلى كبريت الآهن بفعل وجود الأكسيجين والهيدروجين. ولكن كان أيضاً يوجد تبريد وأكسدة مفرطة يؤدّيان إلى خسارة في الحديد. أوّلاً كان يستعمل بخار الماء لرفع الكبريت وهذه كانت فكرة ناسميث، الخاطئة، حول دور الهيدروجين. أمّا المحوّل فقد ظهر لنمرّة الأولى في البراءة العائدة إلى 5 كانون الأوّل (ديسمبر) 1855(شكل 10). إذا كانت مسألة التفاعلات الكيميائية مهمّة، وغير ممكنة الحلّ من جهة أخرى إلاّ بمعالجات متتالية، وتجريبية، فقد كان بالمقابل يوجد مسألة أساسية أخرى هي مسألة وعاء المادّة المصهورة السائلة والتي كانت تؤثّر على كلّ شيء. لقد وضع بسمر بوتقة، مصنوعة من مادّة صامدة ـ وكان أمامه مثل البوتقات المستعملة منذ عهد هانتسمان Huntsmann في منتصف القرن الثامن عشر ـ يحيط بها غلاف من الحديد. كنّا نحصل على المعدن، وهو الحديد الطيّع، مع ضخّ للهواء. بعد ذلك قرّر بسمر، بناء على نصائح أصدقائه، عرض ابتكاره في الشركة البريطانية، في شلتنهام Cheltenham، في 11 آب (أغسطس) 1856. كان الاستقبال حماسياً وقد أوردت «التايمز» العرض في عدد 14 آب، كما وردت صورة للمحوّل في «أخبار لندن المصوّرة» في عدد 17 آب. وعلى الفور قرّرت شركة معدنية كبيرة، شركة داولي Dowlais، إنتاج 70000 طنّ سنوياً من

الفولاذ. سرعان ما بيعت الرخص، لكن بسمر اهتمّ بأن لا يتعامل إلاّ مع الشركات الكبيرة، القادرة على تحسين اختراع أمامه الكثير كي ينتهي وينفذ. بعد ذلك تبع عدد من الإخفاقات المحبطة.

كان يتعيّن البحث عن أسباب هذه الإخفاقات، وهنا يمكننا قياس حدود المخترع. لم يكن بسمر قد حصل على معلوماته إلاّ من خلال موسوعات تقنية عامّة. كلّ مرّة كان يواجه فيها مسألة، كان ينصرف إلى دراسة البراءات التي تمتّ إليها بصلة قريبة أو بعيدة. إذن إذا قدِّر له إجراء تركيب معيّن، والمحوّل لم يكن سوى عبارة عن تركيب، لم يمكنه الذهاب أبعد من هنا. في الواقع، كان المحوّل يطرح العديد من المسائل أهمّها كانت طبيعة تلبيس الفرن. لهذا استدعى خبيرين معدنيين شهيرين، رايلي Riley وبيرسي Percy اللذين نصحاه بإزالة الفوسفور تماماً من الآهن: لم يحصل على أي نتيجة لا باستعمال الهيدروجين الصافي أو حامض البوريق، ولا باستعمال الأكسيدات المعدنية ومواد عديدة أخرى. ثمّ جاء الخبير المعدني السويدي يوران فريديريك غورانسون Jöran cörasson، الذي حصل على رخصة منذ سنة 1857، وعدّل في الجهاز، زاد حجم الهواء وجعله يصل من القاع وليس من الجانب، وتعود إحدى محاولاته الناجحة إلى تمّوز (يوليو) 1858. أمّا روبرت فورستر ماشيت Robert Forester Mushet، وهو خبير معدني محترف وذائع الصيت، فقد لاحظ إفراطاً في الأوكسيجين كان يحدث إزالة لفرط الكربون من الآهن بصورة كاملة أكثر من اللزوم، فكان يجب إضافة مزيج من الحديد، المنغنيز والكربون. وهكذا حصل على فولاذ ذي نوعية جيّدة في أيلول (سبتمبر) 1856 ومباشرة على الفولاذ سنة 1857 بفضل وقف عمليّة إزالة الكربون عند الحدّ المناسب. من جهة أخرى كانت إضافة المنغنيز تسهّل العمليّة



شكل 10 ــ محوّل بسمر Bessemer عن براءة سنة 1885

ككلّ. حصل ماشيت على براءة سنتي، 1856 و1857، لكنّه لم يجدّدهما سنة 1859 وحصل بسمر على البراءات المطابقة سنة 1861. ولكن حينها لم يقبل أحد بتحمّل مصاريف التقويم النهائي. سنة 1859 اضطر بسمر إلى إنشاء مصنع فولاذ أوّلي في منطقة شيفيلد Sheffield، وفي هذه الأثناء حصل جاكسون، ابن الشخص الذي أدخل إلى فرنسا البوتقة لصنع الفولاذ، على رخصة وأقام هو أيضاً مصنع فولاذ أولياً في سان ـ سوران Saint-Seurin، قرب بوردوه Bordeaux، وهناك أخذ المحوّل شكله النهائي ومسيرته المنتظمة اللذين أضيفت لأجلهما براءة أخرى. ونشير إلى أنّه كان يوجد منافس أمريكي لبسمر، هو ويليام كيلي William Kelly، قيل إنّه اكتشف نفس الطريقة في تشرين الثاني (نوفمبر) 1851 بعد أبحاث بدأها سنة 1847، إلاّ أنّه لم يصل إلى المرحلة الصناعية.

كانت آلة بسمر تشكو من سيئتين اثنتين. فالتجهيز الحمضي أو الصواني لم يكن يُبعد الفوسفور ولا الكبريت، ممّا كان يحدّ من تشكيلة الركازات القابلة للاستعمال. وكان قسم كبير من الطبقات الحديدية الطبيعية يحتوي على الفوسفور بكمّيات متفاوتة. من جهة أخرى لم يكن يصل من الخارج أيّ مساعدة حرارية ولهذا لم يكن باستطاعة المحوّل أن يصهر الحديد من جديد أو يستعمله من جديد.

كان المحروق، الموقد والحرارة العناصر الأساسية في التقنيات المعدنية، ولم يكن بوسع كل التقنيات المعتمدة أن تتخطّى درجة حرارة معيّنة ومن هنا قلّة عدد الطرق المستعملة. إلاّ أنّ الفولاذ والحديد يحتاجان كما نعرف إلى حرارة صهر عالية. أخذ ويلهلم سيمنز Wilhelm Siemens فكرة معروفة كان قد حصل على براءة بها القسّ الإسكتلندي روبرت ستيرلنغ Robert Stirling، سنة 1816. سنة 1856 عمل فريديريك سيمنز Friederich Siemens، أخو فيليلم، على تجدّد الحرارة وحصل براءة بهذا الموضوع في 2 كانون الأوّل (ديسمبر) من السنة نفسها. كان يتعيّن استعمال الحرارة المأخوذة إلى المدخنة بواسطة الدخان من أجل تسخين الهواء قبل إرساله إلى حجرة الاحتراق. هكذا كان يعود إلى هذه الحجرة قسم من الحريرات المفقودة كما كان استعمال الهواء الساخن يرفع حرارة الاحتراق بما يكفي لإجراء عمليات عالية الحرارة مقبولة المردود. وكانت تملأ حجرات «التجديد» بتكديسات من القرميد. أمّا الدخان فكان يمرّ، بواسطة نظام سكور، تناوبياً في هذه التكديسات ويسخّنها. وكان عكس السكور يسمح بتمرير الهواء بدوره من أجل تسخينه وإرساله إلى حجرة الاحتراق. ثمّ لمس فيليلم سيمنز إمكانية الاستفادة من هذه التقنية من أجل صهر المعادن الصعبة، وحصل على براءة في أيّار (مايو) 1857. إلاّ أنّ المحاولات التي جرت في شيفيلد Sheffield مع غاز الكوك

لم تنجح بسبب النسبة الضعيفة للمواد المقاومة الصامدة، لهذا لم يستعمل الجهاز سوى في صناعتي الزجاج والبورسلين.

في كانون الثاني (يناير) 1861، حصل الأخوان سيمنز على براءة بآلة الغاز منحنية الجوانب التي كانت تحوّل الفحم الحجري الخام إلى غاز. وكان ينتج عن احتراق غير كامل مع قليل من الهواء أوكسيد كربوني يحترق على 500° مئوية، وهو محروق مرن الاستعمال، حتّى أنّه يمكن تسخينه مسبقاً على 800 أو 1000°. وعلى الفور تقريباً استخدم جهاز سيمنز لتجديد الحرارة من أجل تسخين الهواء المنفوخ في المصاهر باستعمال الغازات المستردّة من الفوهة. أوّل أجهزة كاوبر Cowper تمّ صنعها في مصانع كلارنس Clarence سنة 1860. ولكن تركت هذه الطريقة بسبب عدم التمكّن من تنظيف التكديسات. ثمّ جاءت سنة 1869 مع ويتويل Whitwell، وسنة 1872 مع جهاز كاوبر جديد فأصبحت سرعة الغازات أكبر وتصفيتها أفضل وظهرت طرق تكديس جديدة وخاصّة سمحت باستعمال جهاز تجديد الحرارة من جديد.

سنة 1861 تخلّى عالمان معدنيان فرنسيان، مارتان Martin الأب والإبن، عن أبحاثهما حول آلات الغاز وتجديد الحرارة. عندئذ حصلا على رخصة من شركة سيمنز التي أرسلت إليهما أحد مهندسيها، نيهس Nehse، من أجل تغيير الأفران العاكسة إن من حيث شكلها أو من حيث المواد المستعملة، مع الاتجاه نحو مواد صوانية. في 23 نيسان 1863 نجح مارتان الإبن بإعادة الصهر على أرض الفرن، دون بوتقة، لفولاذ مكربن. في شباط (فبراير) 1863، وبعد أعمال لوي لو شاتلييه Louis le Châtelier، حصلت شركة فورشامبوه Fourchambault على براءة مشابهة حول طرق صناعة الفولاذ عن طريق الخلط، لا سيّما طريقتين كبيرتين تعتمدان اليوم. عاد نيهس مرّة ثانية وأتمّ تقويم الجهاز. إلاّ أنّ نوعيّة المواد المقاومة الرديئة أخفقت هذه المحاولات. ولكن جهد مارتان في المتابعة ونجح في 8 نيسان 1864 بأوّل صهر لخليط من الآهن والحديد عبر طريقة موافقة تماماً لطريقة ريومور Réaumur. ونتج عن الاختبار عدد من البراءات المتوالية، من آب 1864 إلى آذار (مارس) 1865. في الواقع لم يكن بسمر قد صادف مشكلة بالنسبة للحرارة لأنّ احتراق الكربون مع الاحتكاك بالهواء كان يكفي لرفع حرارة مغطس الصهر. بينما كان مارتان وبالعكس بحاجة إلى حرارات عالية، لأنّه انطلق من مبدأ الصهر المختلط: فكرة ريومور وجهاز سيمنز كانا خلف فولاذ مارتان.

فولاذ بسمر وفولاذ مارتان كان كلّ منهما يتمتّع بمزاياه الخاصّة. كان الأوّل يُنتج

بسرعة وبتكاليف قليلة نسبياً. الثاني كان ينتج على مهل، ممّا كان يسمح بالحصول على فولاذ مضبوط نظراً للتصحيحات التي كان بالإمكان إجراؤها خلال عملية الصنع. إلاّ أنّ استعمال الاثنين كان محدوداً. كلّ التلبيسات كانت صوّانية، أي حمضية: إذن لم يكن بالإمكان سوى معالجة أنواع آهن صافية جدّاً، دون أثر للفوسفور الذي كانت إزالته تتطلّب تشكيل جفاء قاعدي غنيّ بالكلس. وقد أظهر غرونر Grüner تماماً هذا الأمر سنة 1869. بعد ذلك بدأ البحث، وأوصى مولر Müller منذ ذلك التاريخ بالمواد المقاومة المغنيسية، كما توصّل سنيلوس Snelus سنة 1872 إلى النتيجة نفسها. سنة 1877، جرت محاولات لدى مؤسّسة كروب Krupp ولكنّها باءت بالفشل. في 28 أيّار 1878 قدّم سدني غيلكريست توماس Sidney Gilchrist Thomas وقريبه بيرسي غيلكريست Percy Gilchrist اكتشافهما إلى شركة لندن للحديد والفولاذ، وقد استعملا الدولوميت أي مزيج الكلس والمغنيس. اعتمدت المحاولة في مصانع بلوكاو Blockow وفوغان Vaughan وحصل أوّل صبّ قاعدي في 4 نيسان 1879 في محوّل بسمر بعد التعديل في تلبيسه. نفس الشيء قام به بورسيل في تير نوار وفالران في الكروزوه بالنسبة لفولاذ مارتان. كما عمل بطريقة توماس في مصانع وندل Wendel في منطقة هايانج Hayange وهي منطقة غنية بالركازات الفوسفورية، ثمّ قوّم نهائياً خلال السنتين 1880-1881. منذ سنة 1874 تفوّقت السكّة الفولاذية على السكّة الحديدية التي اختفت تقريباً سنة 1885، وحلّت مطيلات الفولاذ مكان المطيلات الحديدية انطلاقاً من سنة 1891. فقط سنة 1900 تجاوز الفولاذ التجاري الحديد الذي بقي سنة 1913 يمثّل ثلث الإنتاج.

كان يجب الذهاب في أبعد من هذا أيضاً، فبعد امتلاك الفولاذ كان من الواجب إعطاؤه خصائص تزيد من فائدته في حالات مختلفة. هذه الخصائص جرى البحث عنها في طريق محدّدة بوضوح وهي طريق الأمزجة التي أصبحت ممكنة بفضل اكتشاف معادن عديدة وتحضيرها صناعياً. وقد تكون صناعة التصفيح وراء هذه الجهود. لدى مؤسسة هولتزر Holtzer بالقرب من سانتتيان Saint-Etienne بدأ بوسانغوه Boussingault أبحاثه الكيميائية وعهد إلى مهندس هو إيميه بروستلان Aimé Brustlein بتطبيقها صناعياً باستعمال أفران المصنع ذات البوتقة. بدأ بروستلان بصنع الحديد المكروم واضعاً في بوتقات الأفران طبقة من الكروميت وفحم الخشب مع الزفت كمادّة جامعة: أنواع الفولاذ الحاصلة كانت تعيّر من 10 إلى 84% من الكروم ومن 2,5 إلى 11% من الكربون. بدمجها مع شحنات البوتقات حصلنا سنة 1878 على أولى أنواع الفولاذ المكروم. كانت هذه الأنواع تتميّز بالسقاية الذاتية، وهكذا بدأ عصر أنواع الفولاذ الخاصّة.

منذ سنة 1883، بدأ ماربوه Marbeau تحضير الفولاذ المنكّل، وتتابعت الأبحاث في هذا الاتّجاه. حصل الكروزوه Le Creusot على براءة في تشرين الأوّل سنة 1888 من أجل صناعة الحديد المكورم. في نفس الفترة، وضع الإنكليزي هارفي Harvy الفولاذ المنكّل المحتوي على نسبة ضعيفة من النيكل (من 6 إلى 3%)، والمعدّ لصناعة التصفيح. ومنذ 1888 أيضاً فكّر روبرت هادفيلد Robert Hadfield، من شيفيلد Sheffield، بتنظيم أنواع الفولاذ الخاصّة، حضّر الفولاذ الممغنط وعرّفنا على الفولاذ الحاوي على السيلسيوم. عندئذ أصبح بإمكان العلم أن يلي بحثاً صناعياً غير منظّم نوعاً ما. قام مختبر إيمفي Imphy، في منطقة النييفر Nièvre، بتحضير الفولاذ غير القابل للتمدّد سنة 1897، ثمّ الأمزجة ذات الميزات الفيزيائية الخاصّة (الانفار)، وفولاذ يتضمّن من 34 إلى 36% من النيكل و 12% من الكروم. منذ سنة 1891 وصلنا إلى المزيج فولاذ ـ نيكل ـ كروم، ونحو سنة 1900 جاء دور فولاذ وايت White وتايلور Taylor، مع 18 إلى 20% من التنغستين و 5 إلى 7% من الكروم. بعدها لم تعد الصناعة الحديدية ترمي نفسها في المغامرة فقد أصبحت تحوز على المعلومات العلمية الضرورية من أجل بحث منهجي.

مذ ذاك أصبح ظهور الفولاذ كالمعدن الرئيسي في الصناعة الحديدية، ووضع أنواع الفولاذ الخاصّة صاحبة المزايا العديدة يقدّمان لمختلف التقنيات المواد الأكثر ملاءمة. ما كان يستحيل تحقيقه في السابق، وإن كان البعض قد فكّر به، أصبح حقيقة واقعة: الكهرباء ومختلف محوّلات الطاقة، وسائل النقل، الأدوات ـ الآلات، جميعها استفادت من الاكتشافات التي قلبت من ناحية أخرى تقنيات أخرى (لا سيّما التقنيات العسكرية).

في مجال الكيمياء، التي كانت تقدّم هي أيضاً قسماً كبيراً من المواد الضرورية لباقي الصناعات، كانت التحوّلات جذرية أيضاً. حتّى نحو سنة 1850، بقينا تقريباً على الطرق المكتشفة عند نهاية القرن الثامن عشر وفي السنوات الأولى من القرن التاسع عشر من أجل صناعة العنصرين الأساسيين في الصناعة الكيميائية وهما حمض الكلوريدريك وحمض الكبريتيك. كان الحرض، الكلور وحمض الكبريتيك الثلاثية الأساسية، وبالرغم من بعض التحسينات في الأجهزة، وبالرغم من بعض التبديل في السياقات الكيميائية المتّبعة، بقينا عند المستوى نفسه. أمّا اكتشاف سولفي Solvay سنة 1866 لصناعة حرض الأمونياك فكان مهمّاً اقتصادياً أكثر منه تقنياً، فقد كان يؤدّي إلى الحرض وليس إلى حمض الكلوريدريك الذي كان المنتج المهمّ. في ما يخصّ حمض الكلوريدريك فإنّ جمع برج غاي ـ لوساك Gay-Lussac (وقد استعمل صناعياً في شوني Chauny سنة 1842) مع برج غلوفر Glover (1859)، سمح بإعادة استعمال المنتجات الثانوية وخاصّة المنتجات النترونية.

في الواقع تقوم «الثورة» الكيميائية على العديد من الاختراعات الأساسية نذكرها باختصار:

I ـ تغيّرت كيمياء الأصبغة تماماً بفعل اكتشاف بيركن W.H. Perkin، سنة 1856، للأنيلين الذي استعمل لإنتاج الموفين. وشيئاً فشيئاً تبعت كلّ الأصبغة الأخرى: الأحمر، ويعود إلى ڤيرغان Verguin، سنة 1859، الأسود سنة 1863.

II ـ لقد أدّى هذا إلى كيمياء اصطناعية معدّة في البدء للحلّ مكان المواد طبيعية المصدر، وإلى الحصول، بسرعة، على تشكيلة من المواد لم يكن بوسع الطبيعة أن تنتجها إلاّ على نطاق ضيّق: اصطناع الكينين، واصطناع النيلة الذي قام به باير Bayer سنة 1879. ومنذ 1875، مع الونيلّين، فتحت الطريق أمام العطور التركيبية.

III ـ لم يعد هناك أكثر من خطوة واحدة للوصول إلى أولى المواد الاصطناعية، أي المواد التي لم تكن موجودة قبلاً في الطبيعة والتي كان بوسعها أن تكون الركن الأساسي في تقنيات أخرى، أو البديل الممتاز لمنتجات طبيعية مستعملة في ما مضى، وممتازة عنها من الناحية الاقتصادية كما من الناحية التقنية المحضة (خصائص فيزيائية أو كيميائية أفضل، تنوّع أكبر). سنة 1868 ابتكر هايت Hyatt صناعة السلّولويد Celluloïd، وهو أوّل مادّة اصطناعية. ونذكر كمثال على هذه الموادّ الجديدة الجبنين الذي حلّ سنة 1897 مكان القرن، والباكليت سنة 1909 الذي حلّ مكان اللكّ. ولا يسعنا إلاّ أن نذكر اكتشاف كونت شاردونّيه Chardonnet سنة 1884 للحرير الاصطناعي، واكتشاف السويدي نوبل Nobel للديناميت سنة 1867.

تجدر الملاحظة أنّنا لا نملك تاريخاً جيّداً عن الصناعة الكيميائية. فهو يجب أن يبدأ بجردة بكلّ المنتجات الحاصلة والسياقات المتّبعة من أجل صنعها. هكذا ترتسم الخطوط التكنولوجية وتتحدّد التداخلات في ما بينها وهي تداخلات لا بدّ منها. إذا كنّا بصدد مجرّد تحسين للصناعات القديمة، وإيجاد بدائل لموادّ مستعملة وأيضاً تصوّر موادّ جديدة، لا بدّ من أن يخلق ترابط معيّن مع التقنيات المستعملة، أي أنّه يجب تحليل الطلب ونواحيه المختلفة، اقتصادياً كما تقنياً، والضغوطات المتبادلة. إلاّ أنّنا ما نزال بعيدين عن كلّ هذا البحث. وماذا نقول عن ذلك النوع من السباق، إمّا من أجل الحصول على فعالية أكبر، مثل الانتقال من الديناميت (1867) إلى متفجّرات أخرى كالملينيت (1884) ثمّ التوليت (ت.ن.ت، 1910)، إمّا بين التقنيات المكمّلة، مثل الصراع الدائم بين التصفيح والمقذوفات. بالطبع يوجد أيضاً، في مجال المواد هذا، مساعدة هذه التقنيات لتقنيات أخرى: نذكر ولادة الإسمنت، ثمّ الباطون المسلّح في مجال البناء، والسوبرفوسفات في

مجال الأسمدة الزراعية، وكلّ إنجازات التصوير منذ إيستمان (1886) Eastman.

في مجال إنتاج الأدوات، شاهدنا «زواجاً» تمّ بين الكهرباء وعدد من الصناعات بفضل خصائص الكهرباء الحرارية والكيميائية. لقد حصل فيليلم سيمنز على براءة بأوّل فرن كهربائي سنة 1879. ثمّ سرعان ما اكتُشفت خصائص الكهرباء على بعض الأجسام من حيث تجزئتها بوضع مختلف عناصرها على واحد من الحدّين. سنة 1800 كان كارلايل Carlisle ونيكولسن Nicholson قد نجحا في حلّ الماء كهربائياً، لكن الأمر كان عبارة عن مجرّد تجربة مخبرية. بالطبع كان يجب انتظار إنتاج الكهرباء بكمّيات كبيرة والحصول على المواد الضرورية للصناعة التي نتكلّم عنها. أبحاث كثيرة تتابعت على مدى الثلثين الأوّلين من القرن التاسع عشر، لا سيّما بالنسبة للأنود (القطب الموجب) والكاتود(القطب السالب).

بين السنتين 1880 و 1885 طُبّق الحلّ الكهربائي في الصناعة، في الصناعات المشتقّة من مادة الحرض. وتعود أولى أعمال صناعة الألومينيوم بواسطة الحلّ الكهربائي، أي أعمال هول Hall وهيرو Héroult، إلى سنة 1886. وبعد ذلك بسنوات، أي سنة 1892، غيّر مواسّان Moissan في جهاز هيرو، من أجل تخفيض الأكسيدات المعدنية بواسطة الفحم، وإنتاج كربورات وأشابات حديدية. ولكنّه حينذاك استعمل الكهرباء فقط كمصدر طاقة حرارية. في نفس الوقت جهد شابليه Chaplet، وكان يتعاون مع شركة «الصناعة المعدنية الجديدة»، في تصنيع فرن مواسان وعمله العلمي، فحصل على براءة سنة 1895: لقد كانت طريقة لصنع أشابات من المعادن الصامدة مع المعادن الصهورة. كان أحد هذه الأخيرة يُصهر فيتمّ إدخال المعدن الصامد، في حالته كأكسيد، ممزوجاً مع كميّة الفحم الضرورية لتحويله. عندئذ استعاد بول هيرو أبحاثه وكيّف فرنه مع صناعة الحديديات، ثمّ مع صناعة الفولاذ: سنة 1898، براءة بصناعة الحديد المكورم الحاوي على مقدار كبير من الكروم، من أجل معالجة أيّ نوع من الكروميت الحاوي على مقدار كبير من الكروم، من أجل معالجة أيّ نوع من الكروميت في الفرن الكهربائي، مع تواصل عمل التيّار «بعد التحويل والانصهار الكامل، حتّى تبخير الحديد كلّياً أو جزئياً. ولأنّ درجة غليان الكروم هي أعلى، يزداد المنتَج غنى بالكروم أثناء فقدانه للحديد»؛ سنة 1900، براءة بصنع الفولاذ.

تحتوي أفران الفولذة المقوّسة جميعها وعاء ملبّساً بطبقة صامدة، ويجتاز القبّة منفذ كهربائي من الكربون يحمل التيّار. في نظام هيرو وفي نظام كيلر، نضمن عودة التيّار عبر منافذ كهربائية عامودية من الكربون، موضوعة إلى جانب السابقة وتقطع القبّة مثلها. يبقى نظامي المنافذ معلّقين فوق المغطس بشكل يخرج معه القوس بينها ويتبع دارة متكسّرة مع طريق في المغطس وليس طريقاً مستقيماً في الهواء. في الحلّ الذي وضعه شابليه، يعود

التيار عبر المغطس من خلال قناة وضعت لهذا السبب، بواسطة منفذ كهربائي من الفولاذ موضوع خارج الوعاء. عندئذ يبرز القوس بين المنفذ الموجب والمغطس. اختراع بول جيروه Paul Girod، سنة 1898، يمتّ بصلة إلى الاختراع السابق، من حيث إنّ الأرض، بعد جعلها موصلة، تدخل في دارة تيار العودة. مع الوقت ظهرت أفضلية حل هيرو.

كان إرنستو ستاسّانو Ernesto Stassano خبير مدفعية يعمل في مصنع الأسلحة في تيرني Terni، شمالي روما، حيث كان يدير مصاهر الفولاذ. وكانت المسألة التي يدرسها مختلفة حيث أنّه كان يريد استعمال الكهرباء من أجل الحصول مباشرة على الفولاذ انطلاقاً من الركاز. استعان بتجارب مواسّان وبفرنه، كما ذكر في براءته العائدة إلى آذار 1898. كما استعمل طاقة القوس الحرارية من أجل التحوّلات الفيزيائية ـ الكيميائية المرتبطة بالإنتاج على أساس الركاز. ولقد أشارت البراءة إلى تحضير الشحنات وشكل وتفاصيل الفرن، وكان عبارة عن اتحاد بين فرن كهربائي وفرن عال معدّ من أجل الحصول على مُنتَج رفيع النوعية. كانت إزالة الكبريت هدفه الأوّل وقد نجح في الحصول على منتج اقتصر وجود الكبريت فيه على مجرّد آثار. ولكن لأسباب اقتصادية وعملية وقعت هذه الأفران بسرعة طيّ النسيان، تماماً مثل التي تصوّرها السويدي كجيلين Kjellin سنة 1900.

إذن عدا عن دورها كناقل طاقة ميكانيكية ساهمت الكهرباء بإنتاج بعض المواد. وحتّى بداية القرن العشرين بقيت الكهرباء تعتمد على الحلّ الكهربائي حتّى أمكنها أن تساهم بهذا العمل المهمّ أي ابتكار مواد إن لم نقل جديدة بمعظمها، فعلى الأقلّ ممكنة التحقيق اقتصادياً.

على أيّ حال كانت هذه التقنيات الجديدة بحاجة إلى مجهود متزايد في مجال استثمار الموارد الطبيعية، أي في مجال كان فيه بالضبط التطوّر التقني دائماً على درجات متفاوتة من البطء. إلاّ أنّ هذه التحوّلات في تقنيات الاستثمار، رغم بطئها وصعوبة ملاحظتها، لم يكن ينقصها شيء من الأهميّة. وإذا كانت كتبنا لا تشير إليها فهذا لأنّ هذه التطوّرات انعكست على محيط هذه القطاعات أكثر منه على التقنيات المركزية البحتة. وكان هذا المحيط التقني مرتبطاً بشدّة بالتقنيات المنصبّة فيه.

الزراعة هي بالطبع أحد أفضل الأمثلة عن هذه الظواهر، ونأسف فعلاً لعدم وجود أي تاريخ جيّد للزراعة خلال القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، تاريخ قادر على تصنيف التطورات التي وردت خلال هذه الفترة. بالطبع تمكنّا من ملاحظة تأثير التقنيات الأخرى، في مختلف الميادين، وهذا يثبت كم يرتبط مفهوم الثورة التقنية بالأبحاث القائمة: الكلّ يعي إلى «الثورة الزراعية» التي حصلت في القرن الثامن عشر، كما حُدّدت في الأعمال الحديثة؛

إلاّ أنّنا لا نجد أعمالاً كثيرة كتبت في الفترات اللاحقة. في مجال الزراعة هناك كما نعرف مسائل ثابتة، ذات حلول بطيئة وتدريجية: هكذا مثلاً بالنسبة للأصناف المزروعة، المتعلّقة بتطوّر علم النبات وبأعمال محطّات الاختبار، الرسمية أو غير الرسمية. إنّ الإكثار من النباتات الهجينة يسمح بزراعة مساحات أوسع كما يؤدّي إلى إنتاج أوفر. في الفترة التي نتناولها هنا، كانت التطوّرات الحقيقية تصبّ في اتجاه آخر، وهناك ثلاثة يجب التركيز عليها.

الأوّل هو تجديد التربة بفضل الأسمدة. لم يكن هذا التجديد يسمح بالحفاظ على نسب المردود السابقة وحسب، بل أيضاً وبالتحديد بزراعة أصناف منتخبة ومرتفعة المردود. لقد كانت الأسمدة معروفة منذ وقت بعيد كما رأينا ولكنّها لم تكن كافية من حيث مفعولها، فلم يكن بالإمكان سوى استعمال الأسمدة الطبيعية، ونشير بهذا الصدد إلى التوسّع الذي عرفه استعمال سماد الغوانو، بعد سنة 1850، في أمريكا الجنوبية. كذلك استعمل الفوسفات وعلى نطاق أوسع فأوسع: فوسفات فيسانت Wissant منذ سنة 1857، فوسفات تونس إنطلاقاً من سنة 1873. ولكن أتت الكيمياء وقدّمت يد المساعدة للزراعة بتقديم الأسمدة المصنّعة: ظهور السوبر فوسفات بعد سنة 1870.

التطّور الثاني أيضاً يتعلّق بالتطوّر العلمي، وهو يتناول حماية الزراعات. حيث حلّت التقنيات الموضوعة علمياً شيئاً فشيئاً مكان الطرق المعتمدة تقليدياً. أما يدهشنا أن يكون باستور نفسه قد اهتمّ بهذا الموضوع؟ ففي الواقع كان ينبغي تبيّن الطبيعة الدقيقة للأمراض الواجب معالجتها، ثمّ البحث عن طريق المعالجة الناجحة. بعد سنة 1850 بدأ علاج الارمداد بواسطة الكبريت، وبعد سنة 1869 معالجة التسنة بالسلفات. أمّا مكافحة الطفيليات فكانت أصعب بكثير، ونعرف أنّه عندما ظهرت الفيلوكسرا في الكروم الأوروبية القديمة استعملت الحلول الأكثر جذرية، ولم يتمّ أخيراً خلاص هذه الكروم إلاّ عن طريق التطعيم من غرسات أمريكية.

أمّا أحد المظاهر الأبرز في نموّ الزراعة فكان التطوّر الآلي. بالطبع بدأ اعتماد الآلية الزراعية قبل منتصف القرن التاسع عشر كما رأينا ولكنّ تطوّرها، الذي يعود في آن واحد إلى الإتقانات الميكانيكية واستعمال محوّلات الطاقة الخاصة، لم يبدأ قبل هذا النصف الثاني من القرن التاسع عشر. تطوّرات مهمّة جرت على الآلات نفسها وجعلتها مهيّأة لعمل أكمل فأكمل: حاصدات (1835)، حاصدات ـ رازمات (1851)، حاصدات ـ رازمات ـ درّاسات 1855). سنة 1858 كانت تقوم ثلاثة وسبعون ألف حاصدة بـ 70% من حصاد منطقة غربي الألّيغنيز Alléghanys الزراعية في الولايات المتّحدة. كذلك ازدادت فعالية البذّرات

وظهرت موزّعات السماد. لقد تشكّلت الآلية الزراعية بمجملها قبل العام 1870، وامتدّ هذا العتاد وأتقن من حيث أنّ جرّه لم يعد يعتمد على الحيوان بل على المحرّكات: مكنات بخارية في البدء، استعملت منذ السنوات 1849-1850 وتعمّمت أيضاً قبل سنة 1870، ثمّ جرّارات تسير على البنزين انتشرت في الولايات المتّحدة منذ سنة 1892. إنّ هذه المجموعة من التجديدات هي التي سمحت، رغم نقص وغلاء اليد العاملة، بزرع مساحات شاسعة في أمريكا. وازداد الإنتاج عبر امتداد المساحات المزروعة بفضل العتاد الملائم. إن كانت البنيات الأساسية في الزراعة لم تتغيّر، ولم يكن بوسعها أن تتغيّر، فعلى الأقلّ استفادت البنيات المكمّلة، في الفترة التي تهمّنا هنا، من اختراعات عديدة.

في الصناعة المنجمية نلتقي بظواهر مشابهة، فالتقنيات المجاورة هي التي عرفت تحوّلاً تقنياً أساسياً. نشير أوّلاً إلى استعمال مواد جديدة، هكذا مثلاً بالنسبة للمنشآت الخشبية داخل المنجم التي استبدلت بمنشآت من الآهن والحديد ثمّ من الفولاذ، وكان التطوّر قد بدأ قبل سنة 1850 بقليل. ففي سنة 1838 اقترح تريجيه Triger استبدال جدران الخشب المجلفط بتبطين من الآهن مع مفاصل من الرصاص. لقد سمح تطوّر الصقالة المعدنية باستبدال الخشب في جميع مجالات استعمالاته. في الطرف الآخر من فترتنا، جاء بورتييه Portier سنة 1899-1900 بفكرة إحكام التبطينات عن طريق زرْق الإسمنت. كذلك جرت تطوّرات في مجال حفر الآبار في الأراضي الرخوة أو الرطبة. سنة 1840 ابتكر تريجيه نفسه طريقة الحفر بالهواء المضغوط؛ من أجل حفر البئر بشكل يسمح بغرز التبطين تدريجياً، جعل تريجيه العمّال يعملون في حجرة في قاع البئر حيث كان الهواء المنفوخ في هذا المكان، تحت ضغط محمول يبلغ 3 كلغ / سم^2، يعادل ضغط الماء التي تُطرد وتخرج هكذا عبر خرطوم لتصريفها. وكانت تلك الحجرة تنفصل عن الهواء الطلق بسكر مزدوج هو عبارة عن منخل.

والتطوّرات الأهمّ كانت في ما يخصّ عمل المنجم نفسه ومكننة سلسلة كاملة من العمليّات التابعة. وكانت هذه التطوّرات تعود بالطبع إلى تطوّرات التقنيات المجاورة؛ ففي كانون الأوّل (ديسمبر) 1858 اخترع سوميّيه Sommeiller الثاقبة القارعة من أجل شقّ نفق مون سينيس Mont-Cenis، وسرعان ما اعتمدت في الصناعة المعدنية حيث حلّت، في معظم الأحيان، مكان المنكش القديم ومخل المنجم. كان ربح الإنتاجية كبيراً جدّاً، ولكن كان يتعيّن مكننة العمليّات التابعة. لقد استفاد النقل داخل المنجم وتشغيل أقفاص الدواليب من المحرّكات الكهربائية، وكذلك الأمر بالنسبة لعمليّات الغسل، نخل المعادن والتفتيت، كما استفاد تصريف المياه والتهوية من التطوّرات المنجزة في المحرّكات. أمّا أولى تربينات

راتوه Rateau فقد استعملت للتهوية عند نهاية القرن التاسع عشر وبداية العشرين.

سنقف عند ذكر مصدر الطاقة الجديد، وهو البترول. بالطبع كان يوجد ومنذ وقت طويل «منابع» للبترول، إلاّ أنّ الانطلاقة الحقيقية لهذه الصناعة كانت مع حفر أوّل بئر للبترول في الولايات المتّحدة، في تيتوسفيل Titusville، عن طريق «الكولونيل» درايك Drake سنة 1859. وكانت تقنيات البترول تنقسم إلى فرعين، الأوّل هو الاستخراج وجرت التطوّرات فيه بسرعة كبيرة بين السنتين 1860 و 1900، حيث استفادت الحفّارات والأنابيب من مواد الصنع الملائمة، وسنعود إلى مسألة النقل. بعد ذلك كان يجب تكرير هذا البترول. لقد استُعمل بادىء الأمر في الإضاءة وكانت صناعة البترول المكرّر للإنارة تخلّف منتجات ثانوية لم تكن تُستعمل أوّلاً أو كانت تُستعمل على نطاق ضيّق جدّاً. ثمّ ازدهرت المحرّكات ذات الاحتراق الداخلي وأعطت البترول بعده الحقيقي. عندئذٍ كان على معامل التكرير أن تتقن أساليبها وتزيد منسوبها بشكل سريع وكبير.

لقد عرفت تقنيات النقل تحوّلات عميقة، ومن حيث إنّ الإنتاج كان يتطوّر بسرعة كان من الضروري أن تتطوّر وسائل النقل من أجل مواجهة حركة مرور آخذة في الكبر. لحسن الحظّ نصادف هنا أحد أكثر المجالات التي تعرّضت للدراسة وإن كنّا نرى أنّ بعض الأبحاث المكمّلة ما تزال ضرورية.

سكّة الحديد هي إحدى التقنيات التي بقيت من الفترةِ السابقة، مع تطوّرات بطيئة وأحياناً غير منظورة، وقد ذكرنا بعضها بالتحديد بهدف إظهار أنّ تقنية النقل هذه لكانت وصلت إلى حدودها لو لم تأت ثورة تقنية جديدة وتقدّم لها عناصر حاسمة في نموّها. إنّ استعمال الموادّ الجديدة، خاصّة الفولاذ، في صناعة السكك وإطارات العجلات التي أصبحت في فترتنا، دون لحام، ومولدات البخار في القاطرات سمح في آن واحد باجتياز عتبة اقتصادية وتطوير قوّة الآلات وبالتالي حجم القطارات وسرعتها. كما نذكر تطوّرات أخرى، كانت غالباً عبارة عن انتقالات تكنولوجية، يمكن إضافتها إلى كميّة التجديدات الأولى هذه.

لقد انصبّ الجهد على طريقة الدفع: محقن جيفار Giffard، الذي كان يسمح بتغذية مولّد البخار أوتوماتيكياً (1858)، والقاطرة ذات الجزوع المقرونة و(1864)، وآلة أناتول ماليه Anatole Mallet (1878) المركبة، جميعها أدّت إلى الآلات الكبيرة الحديثة التي قاربت حدود تطوّرها. كان قطار «الباسيفيك» (1907) يعتمد تسخين البخار، ويزن مئة طنّ ويعطي قوّة 3500 حصان. لكن سرعة ووزن القطارات كانا يتطلّبان إجراءات وتقنيات موازية في سبيل ضمان السلامة. لهذا وضع الأمريكي جورج وستينكهاوس George Westinghouse

سنة *1869* نظام الكبح بالهواء المضغوط. كما تصوّر محوّل سير القطارات الفرنسي ڤيغييه نظام التشبيك الأوتوماتيكي بين آلات التحويل والإشارات سنة 1856، ودخل هذا النظام طور التصنيع نحو سنة 1880 عن طريق الإنكليزيين ساكسبي Saxby وفارمر Farmer. أخيراً أصبح التشوير الكهربائي، بدءاً من العام 1885، الرفيق اللازم للسرعة. هكذا ورغم المظاهر نجد سكّة الحديد عند نهاية القرن التاسع عشر مختلفة بوضوح عن سكّة سنة 1850. ولكن نرى بوضوح أيضاً، إذا اقتصر تفكيرنا بالدفع البخاري، أنّ تطوّرها قد اكتمل آنذاك.

السفينة الحديثة كانت قد ولدت لتوّها عند منتصف القرن التاسع عشر. كنّا نرى حينئذ سفناً حديدية تسير بقوّة البخار فقط وقد استبدلت العجلات الكبيرة ذات الريش بالمروحة الحلزونية. إلاّ أنّه علينا أن نجري بعض التمييز، حيث يوجد، منذ ذاك العصر، ثلاثة أنواع من السفن هي السفينة الحربية، والباخرة عابرة المحيط، حديثة الولادة، وأخيراً سفينة الشحن. يحتاج النوعان الأولان إلى السرعة، والنوع الأخير إلى الحمولة القصوى. سرعة الآلة وقوّتها هما أمران لا ينفصلان ونعرف أنّ الآلة في ذلك العصر كانت عبارة عن مكنة بخارية متناوبة، كبيرة وثقيلة، لا سيّما إن أخذنا ذخيرتها بعين الاعتبار. لهذا ولأنّ الشحن البحري لا يحتاج معظم الأحيان إلى سرعات كبيرة، بدا من الأفضل الإبقاء على أنواع السفن القديمة، الشراعية، مع محرّكات مساعدة ضعيفة. أمّا بالنسبة للباخرة وللسفينة الحربية فقد تخلّينا عن قسم من المساحة الشاغرة لصالح الآلة بغية الوصول إلى سرعة أكبر فأكبر، وبأيّ حال كانت هناك حدود يصعب اجتيازها. للأسف لقد انصبّ اهتمام تاريخ السفن غالباً على السفن الاستثنائية، ممّا يحول اليوم دون رؤية شاملة وواضحة للموضوع.

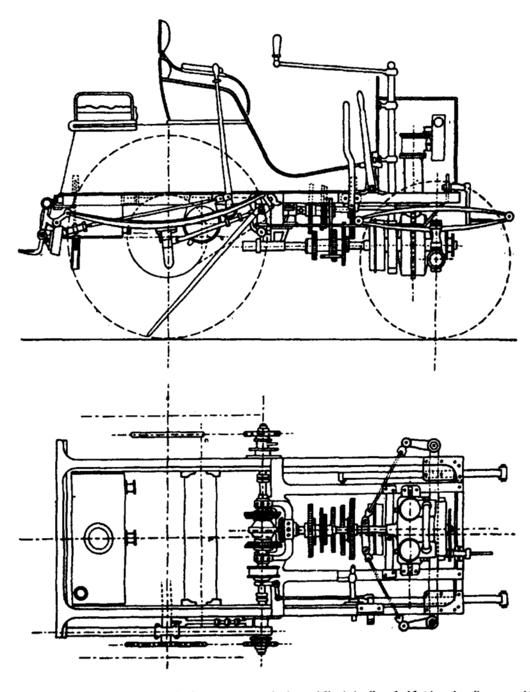
بالطبع كانت التطوّرات تتناول هذه السفن الاستثنائية. ويجب أن نعرف أنّه منذ تاريخ معيّن، ازداد التمييز بين الباخرة الحربية وسفينة الركّاب. إذن كان قطبا المسألة من جهة السرعة والحمولة، ومن جهة أخرى قوّة وحجم الجهاز المحرّك. وكان لا بدّ من صبّ الجهد على هذا الأخير مع تخفيض وزن هيكل السفينة قدر الإمكان. وحدها التحسينات في مكنة البخار الكلاسيكية، وظهور مواد جديدة، كانت قادرة على الإجابة عن مشاكل طرحها بالضرورة تطوّر الملاحة البحرية: رفع القوّة دون زيادة أبعاد ووزن الآلة، زيادة الحمولات مع هياكل أخفّ وزناً وأكثر طاقة على احتمال الجهد. إذن كان التطوّر بطيئاً وتدريجياً عبر الانتقال من سفن الـ 2500 برميل عند منتصف القرن إلى سفن الـ 20000 طن في بداية القرن العشرين. كذلك الأمر بالنسبة للسفن الحربية، لا سيّما بعد سنة 1854 عندما ولدت وتطوّرت بسرعة تقنية المدرّعات. أحياناً كان البعض يريد استعجال الأمور ولم يكن

يؤدّي هذا إلاّ إلى الإخفاق، هكذا مثلاً بالنسبة لسفينة «الشرقي العظيم» التي صنعها برونل Brunel: فعندما أطلقها سنة 1857، كانت تزن 19000 طنّ وتبلغ 211 متراً طولاً، وكانت قادرة على حمل 4000 مسافر وحمولة 6000 طنّ. ولكن لا يمكن القول إنّها كانت متقدّمة على عصرها، وربّما كان من الصعب إيجاد ما يلمؤها آنذاك عند كلّ رحلة من رحلاتها. ولكن نشير إلى أنّها كانت ما تزال تُحرّك بواسطة عجلات مريّشة يبلغ قطرها 17 متراً وتزن الواحدة منها 185 طنّاً، وأنّه لم يكن بالإمكان إعطاؤها محرّكاً قويّاً بما فيه الكفاية كما كانت ما تزال بحاجة إلى أشرعة كبيرة. لقد تجاوزت هذه السفينة حدود التقنيات الموجودة آنذاك.

ثمّ جاء اعتماد التربينة البخارية وسمح بقفزة جديدة إلى الأمام. ومن أولى الباخرات التي تجهّزت بها نذكر «لوزيتانيا Lusitania» و «موريتانيا Mauritania»، من سنة 1907. لقد أصبح بالإمكان دفعة واحدة أن نصل إلى قوّة 68000 حصان وزنة تقارب 40000 طنّ. إلاّ أنّ الشراع بقي طويلاً من أجل الناقلات البطيئة. سنة 1850 كانت نسبة الشراع أربعين مقابل ثلاثة للبخار، ستّة عشر مقابل ثلاثة سنة 1870، وواحد مقابل واحد سنة 1885. عند ذاك التاريخ كان يمكن اعتبار تطوّر النقل البحري قد اكتمل.

لا شكّ في أنّ المحرّك البخاري أدّى إلى ظهور وسائل نقل من نوع آخر. لقد كان السير والدفع على الطرقات حلماً قديماً، وقد فكّرنا بالآلة البخارية، رغم كلّ الصعاب التي تفرضها، منذ كونيوه Cugnot (1769-1771). ونمرّ على كلّ المحاولات التي شهدها القرن التاسع عشر حتّى عربات المهندس بولّي Bollée، التي صنعت في منطقة المان Le Mans واستفادت من تحسينات مكنة البخار: كانت «المطيعة» تسع اثني عشر راكباً وتزن 5 أطنان وتصل سرعتها إلى 10 كلم / ساعة سنة 1872، «المشدّة» (1878) كانت تنقل ستّة عشر شخصاً بسرعة 42 كلم / ساعة وتتميّز بمظهر حديث آنذاك، أمّا مع «السريعة»، سنة 1881، فقد وصلنا إلى 60 كلم / ساعة. إلاّ أنّ الحلّ لم يكن في هذا الاتّجاه.

كان لونوار Lenoir قد فكّر باستعمال محرّكه في دفع عربة سيّارة، وقد وجب انتظار التحسينات في المحرّكات، استعمال البنزين، تقويم عدد من العناصر التابعة، واستعمال مواد أخفّ وزناً قبل التوصّل إلى تحقيق سيّارة عملية وسهلة القيادة. نذكر الدرّاجة ثلاثية العجلات المزوّدة بمحرّك والتي وضعها بنز Benz سنة 1886، ثمّ جهود ديملر Daimler، مع مايباخ Maybach (1889)، مع الفرنسي بانهار Panhard (1891، شكل 11)، جهود بيجو (1887-1890) التي كانت حاسمة. من جهة أخرى أدّت السباقات، وأوّلها باريس ـ روان سنة 1894، ومعارض السيارات، وأوّلها جرى سنة



شكل 11 ـ التنظيم الميكانيكي الشامل لكلبية بانهار Panhard ولوفاسور Levassor (1991 ـ 1994). المحرك Lvassor ذو اسطوانتين على شكل ضنق وبقوة 4 أحصنة (اسطوانتان 80 / 120).

1898، إلى نوع من المنافسة فسح المجال أمام انطلاقة هذه التقنيات. وقد يدهش القارىء إذا قلنا إنّه تنبغي كتابة التاريخ الحقيقي للسيارات، أي التحليل لكلّ العناصر التي تشكّل هذه التقنية الجديدة، من المحرّك ومحيطه إلى التوزيعات، إلى الهيكل، من الموادّ المستعملة في بعض الأجزاء، حتّى الاكتشافات الجزئية، مثل التشبيك المباشر الذي وضعه رينو Renault (9 شباط 1899). كانت سيارة المرسيدس سنة 1901 تتميّز بجوانب هيكل مطرّقة، 4 أسطوانات على خطّ واحد تعطي 35 حصاناً، بتغيير للسرعة، وبمبراد نخروبي الشكل. ولاشكّ في أنّ إيضاح كلّ هذه الأمور ليس صعباً حيث أنّ صناعة السيارات هي صناعة جديدة وقد أبقت على قسم كبير من محفوظاتها، وأنّه يوجد، رغم الافتقار إلى متحف كبير للسيارات، كمّية من المجموعات تقدّم عيّنة نوعاً ما كاملة بكلّ النماذج المصنوعة. يجب أن نضيف دور المحيط الاقتصادي، الاجتماعي، الضرورات والحاجات، وكلّ مشتقّات السيّارة، من الدرّاجة البخارية الصغيرة إلى الشاحنة، وأخيراً المتطلّبات التقنية التي تؤثر كثيراً على تحقيق بعض المشاريع.

ربّما كان تاريخ الطيران معروفاً أكثر، دون شكّ لأنّه كان مدهشاً وحافلاً بالمفاجآت. منذ عصر مونغولفييه Montgolfier بدأنا نحاول الارتفاع في الفضاء؛ كان المنطاد، ثمّ المنطاد المسيّر، عبارة عن مرحلتين مهمّتين ولكن خارجتين عن الطريق الحاسمة. منذ السنتين 1851-1852 أطلق أرنولد Arnauld وجيفار Giffard أولى المناطيد المسيّرة، ثمّ لو بري Le Bris سنة 1857، وبعده بينوه Penaud وغوشوه Gauchot سنة 1876. أمّا أوّل من طيّر آلة مزوّدة بمحرّك فكان كليمان أدير Clément Ader. سنة 1890، نجح جهازه «الهوائية» بالإقلاع، وكان مزوّداً بآلة من 20 حصاناً، تزن 15 كلغ للحصان الواحد. وسنة 1897، حقّق مع «الطائرة» قفزة من 300 متر. لقد كان جهازه على شكل خفاش، بعرض 16 متر (بسطة الجناحين)، مع مروحتين تدور كلّ منهما بواسطة مكنة بخارية صغيرة. نلتقي بالضبط بنفس الأساليب المعتمدة في السيّارة ولكن مع فارق في المشاكل المطلوب حلّها. في الواقع كانت تجربة أدير تثبت عدداً من الأمور: أوّلاً كان يجب أن يكون المحرّك أخفّ ما يمكن (رغم أنّه كان عبارة عن مكنة بخارية، لم يكن يزن أكثر من 3 كلغ للحصان)، كان هناك أيضاً الهيكل والجنيحات، وأخيراً مسألة علم القيادة. كان يجب أيضاً التخلّي عن تلك الفكرة التي كانت تتّبع منذ إيكار Icare والتي مجّدها ليوناردو دافينشي، وهي أنّ الأثقل من الهواء عليه أن يقلّد الطير. مويار Mouillard سنة 1881، وماري سنة 1889 كانا ما يزالان مقتنعين بها، كما أنّ تجارب ليليانتال Lilienthal، التي انتهت مأساوياً سنة 1896،

كانت تصبّ في نفس الاتّجاه. وقد استفاد الأمريكي شانوت من كلّ هذه التجارب.

أمّا الأخوان ويلبر Wilbur وأورفيل رايت Orville Wright فقد نجحا عبر تفحّصهما علمياً لكلّ مظاهر المسألة. لقد بدءا سنة 1889 بمراجعة كلّ أعمال شانوت Chanute، اعتمدا الطائرة ذات السطحين، وشكّلا كلّ أجهزة القيادة كما اعتمدا العنصر الأساسي وهو المحرّك الانفجاري. سنة 1903 نجحا أخيراً في الإقلاع ولكن لم يكشفا النقاب عن نجاحهما قبل سنة 1908، في حين أنّ آخرين قاموا بإنجازات بين الفترتين، مثل فربير Ferber، إينوه ـ بلتري Esnault-Pelterie، فوازان Voisin، وبريغيه Bréguet. كان لوفافاسور Levavasseur قد تصوّر المحرّك على شكل V، كما كان قد وُضع المحرّك «العفريت» وهو محرّك رحوي شهد في ما بعد ازدهاراً كبيراً. غالباً ما يكتفي مؤرّخو الطيران بذكر الأسماء، التواريخ والإنجازات. إنّ ما يلزمنا هو هنا أيضاً قائمة بالتقويمات المتتالية والشاملة لكلّ ما كان ضرورياً للوصول إلى النتيجة: من المحرّك إلى نوعية المطيلات، من الهيكل إلى أجهزة القيادة، من أجهزة التوجيه والتحكّم إلى طريقة الطيران. بعد هذا التحوّل الكامل في وسائل النقل والاتصال، كان لها أن تستفيد من الموارد المكمّلة. موارد كان بعضها ذا طبيعة تقنية محضة، والبعض الآخر يتضمّن عناصر تجدر الإشارة إليها أكثر ممّا قد تمّ فعلاً حتى الآن.

الوسائل التقنية المكمّلة أولاً، ويتعلّق معظمها بطريقة الدفع، أي المحرّك. هناك وسيلتان أساسيّتان هما، حسب التسلسل الزمني، الكهرباء والمحرّك الديزل. فمنذ اكتشاف انعكاسية آلة غرام Gramme أصبح من الممكن وضع وسائل نقل تتحرّك كهربائياً بواسطة خطوط ممتدّة في الهواء انتشرت هي أيضاً منذ أعمال دبريز Deprez حول نقل الطاقة الكهربائية. ومنذ سنة 1879، تصوّر سيمنز Siemens أوّل قاطرة كهربائية، وقد استخدمت فكرته أوّلاً على المواصلات المدينية، وذلك لعدم تصوّر نقل الكهرباء على مسافات بعيدة مع المقوّيات الضرورية. إذن شاهدنا أوّلاً ظهور الحافلة الكهربائية، على الأرض، لأوّل مرّة في برلين سنة 1879، ثمّ المترو، تحت الأرض، لأوّل مرّة في لندن سنة 1887. ثمّ وجب الانتظار بضع سنوات قبل تطبيق هذه الطريقة على سكك الحديد، أي على مسافات أبعد بكثير. سنة 1907 كان الخطّ النمساوي سان بولتن ـ ماريازيل St. Pölten-Maraiazell أحد أوائل الخطوط المكهربة.

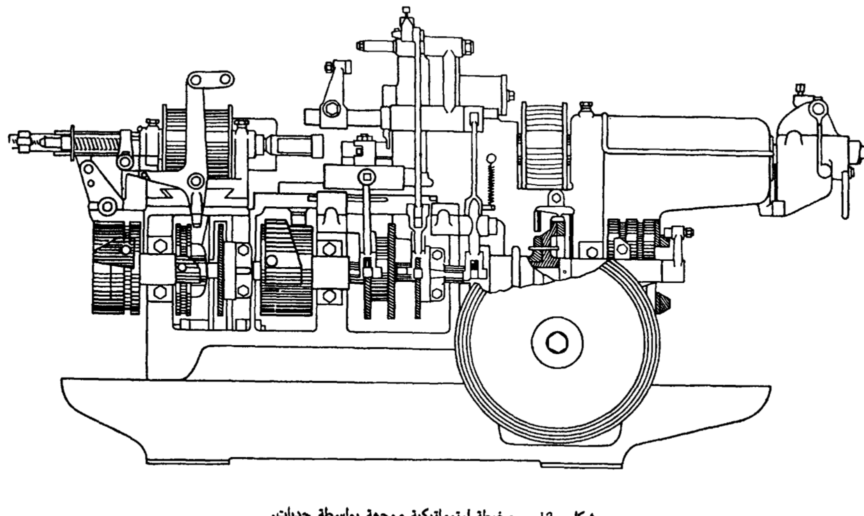
الوسيلة الثانية كانت إذن محرّك الديزل الذي يتمتّع بعدد من القدرات تلائم العديد من الاستعمالات. سنة 1903 استعمله الصناعي الفرنسي سوتير ـ آرليه Sautter-Harlé لتجهيز الزوارق مغيّراً بهذا جذرياً في شروط الملاحة على الأنهار والأقنية. ومن هنا انتقل

محرّك الديزل بسهولة إلى الملاحة البحرية، وساهم كذلك بتطوّر تقنية خاصّة هي تقنيّة الغوّاصات. في نهاية القرن التاسع عشر، كانت الغواصتان «جيمنوت» (على اسم نوع من السمك المكهرب) و«غوستاف زيدي Gustave Zédé» تسيران بواسطة محرّك كهربائي يتصل بحاشدات ثقيلة الوزن ذات مدى عمل قصير. ثمّ كان التحوّل إلى الغوّاصات المستقلة، مع «كركدن البحر» التي صنعها لوبوف Laubeuf و«هولاند Holland» الأمريكية، يفترض محرّكاً حرارياً هو الديزل وكان دوره الأساسي في إعادة شحن الحاشدات بين غطستين.

إنّ تحوّل وسائل النقل لم يقتصر فقط على شروط النقل نفسها. فقد جرت المحاولة مثلاً لفتح مجال النقل الحديث أمام مختلف البضائع، ولهذا كنّا نصادف مشاكل تتعلّق بالنقل، بالتخزين وبالتأمين. أحد المشاكل المحلولة، والذي قلّما رُكّز عليه، كان يتناول تخزين الزروع، أي إمكانية الإستفادة من الغلال الجيّدة للتعويض عن المواسم الرديئة. فالمعروف أن الحبّ المكدّس يختمر ولا يعود صالحاً للاستهلاك، بين العامين 1850 و1860 تمّ تصوّر أماكن حفظ الغلال الحديثة التي تمنع الحبّ من أن يسخن عبر تحريكه بصورة متواصلة، وقد سهّل استعمال الكهرباء الكثير من الأمور. المسألة الثانية تتعلّق بالنقل وبحفظ المواد الغذائية المعرّضة للتلف، وقد وجد الحلّ المناسب سنة 1865 عبر ابتكار أنواع كبيرة من المبرّدات، بواسطة غاز الأمونياك أو بواسطة الضغط. سنة 1876 تصوّر ش. تيلييه Ch. Tellier أوّل سفينة تستعمل التبريد وأسماها «المبرّدة». وكلّنا نعرف أنّ الكهرباء لعبت هنا أيضاً وبسرعة دوراً كبيراً.

كانت هناك أيضاً مسألة نقل المحروق الجديد أي البترول. سنقتصر هنا على الإشارة إلى الأحداث الرئيسية؛ في البدء كان البترول يُنقل في صناديق أو «براميل»، ثمّ سرعان ما ابتكرت الحافلات ـ الصهريج من أجل نقله برّياً. بالنسبة للنقل البحري، كان يُخشى مخاطر الحريق وخاصّة انسداد قناة السويس إذا ما حصل شيء كهذا. سنة 1892 اجتازت القناة سفينة «الموركس Murex» التي كانت تنقل البترول مفتتحة بهذا عصر ناقلات البترول الكبيرة. أمّا في البرّ فقد حلّت خطوط الأنابيب مكان كلّ طرق النقل الأخرى.

والنقل يرتبط بشكل أساسي بالمدى الجغرافي، بعبارة أخرى كي تكون المواصلات ممكنة كان يجب بالضرورة تنظيم المدى. منذ ظهور السكك الحديدية، كان من الضروري تأمين الذخائر: التزوّد بالفحم الحجري، والتزوّد بالماء وكان صعباً إلى أن جاءت فكرة القنوات بين السكك ومجرفة قابلة للخفض ترفع بواسطة الجاذبية إلى المقطورات. إلاّ أنّ المسألة الأصعب كانت مسألة توقّفات السفن البخارية؛ لقد أعطى اختراع علب الحفظ



شكل 12 — مخرطة أوتوماتيكية موجهة بواسطة حدبات.

للسفينة الشراعية استقلالية كبيرة، أمّا بالنسبة للسفينة البخارية فكان يلزم تزويد بالماء وبالمحروقات. وقد تأثّرت الجغرافيا السياسية بهذه الأمور. إذا كان محرّك الديزل يستغني عن الماء فإنّه لا يستغني عن الوقود التي كانت تطرح من جهة أخرى، بحكم موقع الطبقات الطبيعية، مسائل سياسية مهمّة ما زالت بحاجة إلى حلول بالنسبة للبعض منها، الأمر نفسه بالنسبة للسيارة التي لم تكن تحتاج إلى تزوّد بالوقود وحسب بل أيضاً إلى طريق مناسبة. هنا أيضاً نلاحظ أنّه لا يمكن لأيّ مسألة تقنية أن تنعزل عن المسائل التقنية الأخرى وأنّ مفهوم النظام التقني يتطابق فعلاً مع حقيقة واقعة وأساسية. إنّ بحثاً منطوياً كثيراً على نفسه لا يأخذ أبداً بعين الاعتبار المتطلّبات التقنية التي يفرضها كلّ اختراع، وكلّ تحوّل تقني. ومتى نعي لهذا الأمر نرى دون شك تاريخ التطوّر التقني يصل إلى بعده الحقيقي. قد يلاحظ القارىء أنّنا هنا اقتصرنا على تصوير الأمر مبسّطاً، ولكنّنا سنعود لاحقاً إلى الموضوع.

لقد استفادت أساليب العمل من التطوّرات التي حصلت في صناعة بعض المواد، لاسيّما أنواع الفولاذ الخاصّة، وفي محوّلات الطاقة. نقتصر في ذكرنا على عيّنة موجزة، كما أنّ تاريخ أدوات الحدادة يبقى بانتظار من يكتبه بشكل موسّع. نحو سنة 1880 كنّا نقترب من حدود المطارق الآلية البخارية الضخمة، مطارق تزن مئة طنّ ركّزت أولى نماذجها في فرنسا في الكروزوه le Creusot، وفي إيطاليا في تيرني Terni. وبالضبط في ذاك العصر بدأ استعمال المكابس الكبيرة التي وصلت حتّى عشرين ألف طنّ، وهذا ما لم يكن معقولاً مع الآلة القديمة. إذن أمكننا هنا أيضاً تخطّي حدّ إلزامي آخر. كذلك أدّى تطبيق الكهرباء إلى المصفّحات الانعكاسية وجعلنا نستغني عن العملّيات الدقيقة التي كانت تحدّ من حجم القطع المطلوب شغلها. كذلك يتعين تحليل تأثير التحوّلات على نسب المردود والانتاج وهو مهمّة سهلة بفضل وجود المعلومات الإحصائية حالياً. بين السنتين 1850 و1900 انتقلت سعة المصاهر العالية من 150 إلى 750 م^3. وفي كلّ أجهزة المعالجة الميكانيكية ضاعفت السرعة والقوة من المردود عشرات المرّات. بعبارة أخرى، تبدو لنا بعض التقنيات متجمدة لأنّ مبادئها لم تتغير في العمق: ولكنها تلقت من التقنيات المجاورة لها مساعدة مهمّة غيرّت ظروف الانتاج بصورة ملحوظة. تصفية غاز فوهة الفرن مع أجهزة كاوبر Cowper، صناعة الكوك التي تطوّرت كثيراً بين 1850 و1860، وظهور المصفّحات الانعكاسية، كلّها أمور مهمّة للغاية مرّت دون أن يُركّز عليها.

بالطبع لم يكن الأمر كذلك في مجال الآلة ـ الأداة، فهنا المفعول، التفاعلات وردود الفعل عديدة ومتنوّعة. إذا كان هناك من مساعدات من الخارج، كالمواد والطاقة، فهناك أيضاً الآلة التي أصبحت تصنع بأكثر فأكثر من الدقّة وتقدّم لنفسها القطع

التي تحتاجها. وقد سبق أن لاحظنا أكثر من مرّة أننا هنا بصدد ظاهرة تتكرّر في تاريخ التقنيات. سنة 1873، اخترع سبنسر Spencer المخرطة المسدّس وهي آلة نصف أوتوماتيكية توفّر كثيراً في تركيب وتفكيك الأدوات، بالنسبة لشغل القطع. كما ظهرت المفرّزات والمقوّمات مجدّداً بأشكال حديثة وعملية، وبحكم منسوب عملها الغزير أصبحت المفرّزة الآلة ـ الأداة الممتازة في مجال الصناعة الميكانيكية بالجملة. في معرض فيلادلفيا سنة 1876، أثبتت المقوّمة أنّه بإمكانها الوصول إلى درجات في الدقة لم تكن معروفة. حتّى السنوات 1870-1880 تقريباً كان راتنوه Rathenau يدّعي أنه في الكثير من الحالات كان العمل بالأدوات اليدوية ما يزال قادراً على منافسة الآلات ـ الأدوات. ولكن سنة 1880 تقريباً حصل انقلاب في هذا الوضع (شكل 12)، حيث انتقلنا من الآلات نصف الأوتوماتيكية إلى الآلات الأوتوماتيكية تماماً. مع اختراع بروستلان Brustlein، تايلور Taylor ووايت White للفولاذ ذي القطع السريع، الذي حلّ مكان فولاذ الكربون، أمكن مضاعفة سرعة العمل: لم يكن فولاذ الكربون يسمح بسرعات قطع (السرعة النسبية للأداة على المسافة المطلوب شغلها) أكبر من عشرة أمتار في الدقيقة؛ سنة 1912 وصلنا إلى خمسين متراً في الدقيقة. إذن يحفل تاريخ الآلة ـ الأداة بإتقانات أكبر فأكبر: المفرّزة الشاملة من براون Brown وشارب (1862) Sharpe؛ المخرطة نصف الأوتوماتيكية من هارتنس (1862) Hartness؛ مخرطة سبنسر الأوتوماتيكية (1973)؛ آلة لتفصيل التشبيكات المخروطية من غليسون Gleason (1874)؛ آلة للتقويم من براون وشارب (1890)؛ آلة لتفصيل التشبيكات المستقيمة من فيلوز Fellows (1890)؛ آلة كروتزبيرغر Kreutzberger لسنّ الفريزات (1874)؛ مخرطة راينيكر Reinecker (1882).

ما نزال بحاجة إلى وضع قائمة كاملة بهذه الآلات، مع كلّ امتداداتها، وكلّ محيطها. مذ ذاك دخلت الآلة ـ الأداة فعلاً، ومن الباب الواسع، في الإنتاج، في كلّ عمليّات الإنتاج.

ما يلزمنا هو قائمة شاملة، وقد تستوجب ليس فصلاً وحسب، بل مجلّدات عدّة. ولم يكن أمامنا سوى خيار واحد، وقد اعتمدناه بشكل تتمكّن معه الأمثلة المبرزة من أن تدلّ على وجود نظام تقني جديد، وأيضاً على معنى ومدى التحوّل الحاصل. هنا نودّ أن نشير إلى أهميّة بعض الظواهر.

هناك أوّلاً التنوّع الخارق في المواد الجديدة، وقد ذكرنا بعضها. كما يمكننا أن نضيف كلّ الأشابات التي استخدمتها وسائل النقل الجديدة، أي الأشابات التي تجمع خفّة

الوزن إلى سائر الخصائص الفيزيائية. سنة 1883، ابتكر ديك Dick الشبهان الحديدي الذي استعمل لصنع مروحات السفن. وسنة 1855 وضع سانت ـ كلير دوفيل ـ Sainte Claire Deville ودوبري Debray برونز الألومينيوم: لقد كان يتميّز هذا المعدن الذي يحوي 90% من البرونز و 10% من الألومينيوم بمقاومة كيميائية عالية. أمّا فيلم Willm فقد اكتشف سنة 1908 في مصنع دورين Düren مادّة الدورالومين (duralumin) التي وضعت نهائياً سنة 1910، وكانت عبارة عن معدن يتألّف من 93% من الألومينيوم، 5 % من النحاس، 1% من المنغنيز و 0,5% من المغنيسيوم، وإذا أضفنا له النيكل نحصل على معدن يمكن تسليكه والإستفادة منه لنقل الكهرباء. وفي مجال يختلف كلّياً يمكن أن نذكر مع المرغرين، «الزبدة الاصطناعية» التي وضعها ميج ـ موريس (1869) Mège-Mouriès، إدخال مواد جديدة في المجال الغذائي. أمّا كربور الكالسيوم الذي وضعه مواسّان فقد وجد على الفور مجالات تطبيق عديدة، كما أنّ اكتشاف الأسيتيلين سنة 1892 أحدث انقلاباً في تقنيات نفث النار.

المظهر الثاني لهذه الثورة هو المردود الكبير، أي سرعة الانتاج. ولم يكن من الواجب تكييف سرعة المواصلات وحسب، بل أيضاً سرعة مختلف وسائل الاتّصال. إذا كان مورس Morse قد اكتشف سنة 1843 الإبراق الكهربائي، فإنّ بريت Brett نجح سنة 1851 بمدّ أوّل كبل عبر بحر المانش والشيء نفسه تحقّق عبر الأطلسي في السنوات 1858-1866. برانلي Branly وماركوني Marconi أنجزا أول نقل دون سلك سنة 1897. أمّا مارينوني Marinoni فقد قام سنة 1866 بتركيب أولى الآلات الرحوية من أجل الطباعة المتواصلة في الوقت الذي أصبحت فيه معجونة الورق تؤخذ من الخشب وليس من الخرق. ومن هنا انتقلنا إلى المنضّدة السطرية (لينوتيب، 1886) ثمّ إلى منضّدة الحرف الواحد (مونوتيب، 1900). أمّا الآلة الكاتبة فأولى محاولاتها قديمة وتعود إلى سنة 1714، لكن الآلة الحقيقية لم تظهر إلاّ بعد أعمال ويتستون Wheatstone (1851-1860) وريمنغتن Remington (1876-1878).

في الواقع يتضمّن العمل الحقيقي ثلاث مراحل متتالية على المستوى التقني الصرف. أوّلاً دراسات وافية حول الآلات، وهناك الكثير الناجح منها: ثانياً الانطلاق من اختراع معيّن وإظهار جميع تطبيقاته، وقد رأينا مثلاً كلّ ما قدّمته الكهرباء: يجب أيضاً أن نضيف المصباح الذي أحدث انقلاباً في تقنيات الإضاءة (1879)، وهاتف المخترع بل Bell (1876). أمّا السلسلة الأخيرة فتتعلّق بتحديد كلّ شروط تفتّح تقنية جديدة. كلّ أنواع الدراسات، متباعدة ومتقاربة، تشير بوضوح إلى مسألة النظام التقني.

وهناك أبحاث إضافية مكمّلة تتناول بعض مظاهر إنشاء نظام تقني جديد. فنحن

بحاجة للتعرّف أكثر على مدى المقاومة والفعالية وفي هذا تكمن مسألة لم تُعالَج كما ينبغي. هناك أوّل فارق يبدأ بالظهور عندما يصبح الاختراع أكثر فأكثر، على الأقلّ في بعض القطاعات، عبارة عن بناء علمي، فهنا لا يعود المقاول بالمستوى المطلوب: عندئذٍ يقوم أصحاب الكفاءة بعمليّة التحوّل أكثر من أصحاب المشاريع. ولكن هؤلاء يفكّرون بالاستثمارات، بتغيير عتاد الصناعة، وبمشكلة البطلان.

إنّ اكتشاف بسمر Bessemer لم يحدث الكثير من الحماس حيث إنّ أولى المحاولات كانت صعبة والتقويم النهائي طويلاً وشاقّاً، ولهذا رأينا العديد من التحفّظات تجاهه. كذلك كان يجب استعمال حديد صبّ صاف جدّاً. ولكن بالطبع كان هناك من اعتمه بسرعة: مصانع الفولاذ التابعة للبحرية في أسايي Assailly منذ سنة 1862، كما مصانع الحديد في تيرنوار Terrenoire. سنة 1863 أقرّ مدراء شركة فيرميني Firminy بأهمّية الطريقة الجديدة ولكن لم يجدوها قابلة للتطبيق في مصانعهم. أمّا مدراء مصنع ألي Alais فقد ذهبوا إلى انكلترا واستبينوا حدود هذه الطريقة في ما يتعلّق بطبيعة الآهن (الحديد الصب). «لقد بدا لنا، حتّى الآن، أنّ النجاح لم يكن مضموناً إلاّ مع بعض أنواع الآهن، وتجربة عملية كبيرة لهذه الطريقة واستعمال كلّ ملحقاتها التي تتضمّنها صناعة فولاذ على مستوى واسع». إذن كان يفضّل انتظار نتيجة تجارب الآخرين، وأيضاً انتظار تدنّي سعر الرخصة. في أليفار Allevard، كان يُحكى عن «طريقة جديدة، غريبة جدّاً، تعود إلى ست أو سبع سنوات خلت، لم يكن أحد يؤمن بمستقبلها وكانت منبوذة من قبل العلم والممارسة على السواء». إذن كان يجب مشاهدة ما يقوم به الآخرون. «لم يُبدِ الصانعون استعجالاً كبيراً لاستعمالها، ومن جرّبها لم يكن على درجة كبيرة من الرضى. عدا عن أنّه يُعتقد أنّ هذا النوع من الفولاذ لا يناسب سوى استعمالات خاصّة مثل صناعة السكك والجزوع. لقد قامت شركات تيرنوار، البحرية وفورشامبوه Fourchambault بشراء الرخص، لا بل يبدو أنّها تعلّق آمالاً كبيرة على هذه الطريقة الصناعية الجديدة. سوف نقوم بدراستها، بالسفر إلى انكلترا، ولكنّنا لا نرى أيّ حافز حاسم يدفعنا ضمن هذا الاتجاه». أمّا شنيدر Schneider، في مصانع الكروزوه، فكان ينتظر النتائج قبل أن يخوض المغامرة سنة 1864. وبالنسبة لمصانع الفولاذ في سانتتيان فقد أقرّت بعدم قدرتها على القيام بالاستثمارات الضرورية.

في الواقع، يبدو جيّداً أنّ اعتماد الطريقة الجديدة كان بفعل امتياز معيّن. فقد كان واحد من الركازات الوحيدة التي تعطي الآهن المناسب موجوداً آنذاك في مناجم منطقة مُكتة الجزائرية، إلاّ أنّ هذه المناجم كانت تنظّمها مجموعة تنتمي إلى الشركة الفرنسية العامّة وتضمّ مصانع البحرية، فورشامبوه، والكروزوه. أمّا شركة فيرميني، التي لم تكن بعد قد

انضمّت إلى هذه المجموعة، سنة 1869، وشركة ألي Alais، منذ سنة 1867، فقد اعتمدتا فولاذ مارتان Martin. وقد أراد المشرفون على مناجم مكتة الإستفادة من وضعهم لتحقيق تركّزات وتجمّعات معيّنة. إذن كما نرى هناك مجموعة كاملة من الأوضاع الخاصّة كانت تتحكّم باعتماد هذه الطريقة الجديدة. الأمر نفسه بالنسبة للديزل. إنّ الخطوات التي اتخذت لدى بعض الصناعيين لا تعود إلى ما قبل سنة 1894، قبل تقويم المحرّك نهائياً سنة 1897. وفي حين كانت شركتا كروب Krupp وشركة الصناعة الآلية في أوغسبورغ Augsbourg في ألمانيا، والصناعي سولزر دو فينترثور Sulzer de Winterthur في سويسرا قد حصلوا بسرعة على الرخص، لا بل أيضاً موّلوا الأبحاث الأخيرة، فإنّ الشركات الصناعية الفرنسية الكبيرة، لا سيّما كاي Cail والشركة الألزاسية للصناعة الآلية، بقيت متحفّظة. كتب مدير مصفاة ساي Say: «لقد عهدنا على أنفسنا أن لا نهتمّ إلاّ بالأمور التي تنجم عن صناعتنا بشكل خاص». وهناك ردّ من شنيدر له دلالته ومغزاه، «لقد قامت مصانعنا بتفحّص دراستكم باهتمام بالغ، ولكنّها ذكّرتنا بأنّ كثرة الأعمال التي عليها مواجهتها حالياً لا تسمح لها بالتفكير بمتابعة الاتّصال معكم بشكل مثمر ومفيد».

هناك أيضاً كتابات أحبّت أن تشير إلى بعض الإغفالات، ولكنّ بيشيني Péchiney نفسه لم يكن يعتقد بمستقبل الألومينيوم. وماذا يسعنا القول عن المصارف التي كان يُطلَب منها أن تموّل الاستثمارات الضرورية، حيث تجدر الإشارة إلى أنه حوالي العام1870 ابتكرت بعض المصارف خدمات للدراسات الصناعية والتقنية: الشركة العامّة سنة 1867، ومؤسّسة روتشيلد Rotschild سنة 1870، فهنا يكمن منعطف مهمّ لا يمكن إهماله. ولم تكن التقنية وحدها في الميدان فقد كانت هناك أيضاً الذهنية، وهي أصعب للتحوّل، والتخوّفات من جميع الأنواع، مالياً، صناعياً، وأحياناً تقنياً، وأيضاً تلك العادة القديمة التي توحي بأنّه من الأفضل التوجّه إلى الطرق المجرّبة. إلاّ أنّ جرأة البعض، والاستفادة من امتياز معيّن ولو مؤقّت، والرغبة في المغامرة فتحت أمام التطوّر التقني طرقاته الحقيقية. ونحن مقتنعون، رغم أنّ التحليل يجب أن يكون أعمق والأحداث محدّدة أكثر، أنّه بين السنتين 1870 و 1880 انقلب العالم، مرّة جديدة، نحو بنيات وطرق جديدة كلّياً في النظر إلى العالم المادّي. وهي بأيّ حال تستحقّ انتباهاً أكثر من قبل المؤرّخين.

بين المسائل العديدة التي يطرحها التطوّر التقني، أي المسائل التي تنتج عن التأقلم الضروري بين العالم التقني وسائر الأنظمة، هناك مسألة ظهرت أهمّيتها بسرعة وهي المرور من العمل اليدوي بالأداة إلى عمل الآلة، وكان هذا الانتقال يفترض إيقاعاً متسارعاً وتنظيماً مختلفاً للمحارف والمصانع. بعد السنتين 1864-1865 عرفت الولايات

المتّحدة حشوداً كبيرة من المهاجرين إليها ولكن ذات نوعية عادية غالباً (في الكثير من الحالات لـم يكن المهاجر يعرف أن يكتب أو يقرأ لغته الأم) ولا تلبّي بالتالي احتياجات الصناعة الأمريكية. لقد كتبت شارلوت إريكسون Charlotte Erickson: «بالسنة لربّ العمل الأمريكي، فإنّ ندرة اليد العاملة الكفوءة، صعوبة تطويعها وتأهيلها في الخارج، وسوء إرادة النقابات، كلّ هذا دفعه إلى زيادة نسبة المكننة، بغية التحرّر من طلب العمّال الأوروبيين المتخّصصين». إنّ الآلة ـ الأداة لكانت ظهرت دون هذا الضغط، ولكن دون شكّ بشكل أبطأ بكثير. بهذا نفسّر الجهود الخاصّة التي بذلها الأمريكيون في ابتكار واتقان نماذجهم من الآلات ـ الأدوات.

يبقى التنظيم. الكلّ يعرف في هذا المجال فريديريك وينسلو تايلور Frédéric Winslow Taylor الذي كان عاملاً، ثمّ مشرفاً على العمّال، ثمّ رئيس محرف الخراطة في مصنع معدني، وقد اهتمّ بدراسة مردود الآلات. بدأ أوّلاً باستبيان إمكانياتها التقنية: تركيب فولاذ الأدوات، سرعة القطع، زاوية الأداة، عمق القطع، إلخ. ووضع في الكثير من الأحيان حلولاً مهمّة لكلّ هذه المسائل، كما أدرك بسرعة أنّه إلى جانب استعمال الآلة هناك متغيّرات لا تقلّ عنه أهمّية: مهما كانت درجة إتقان الآلة، فهي لا تدور إلاّ حسب الإيقاع الذي يفرضه عليها العامل. هذه الأبحاث بدأت سنة 1880، ولم يخضها تايلور بمفرده، ولم تنته وتكوّن مادّة بحدّ ذاتها قبل السنوات الأولى من القرن العشرين. كانت نقطة الانطلاق توقيت مختلف العمليّات، ثمّ أضاف فرنك ب. غيلبريت Frank B. Gilbreth دراسة الحركات. وكان يجب الأخذ بعين الاعتبار أنّ الآلة لم تكن تشكّل وحدة معزولة، وقد كان من الضروري دفع البحث على مجمل المحرف، ثمّ على كامل المؤسّسة، وتأليف الأجهزة المساعدة من أجل دراسة الطرق مثل التنهيج العام الذي يهدف إلى جعل المردود الكلّي أكبر ما يمكن. ساهم ك. بارث C. Barth بمعلوماته الرياضية، هـ. غانت H. Gantt بطرق التمثيل البياني، وس. طومسون S. Thompson بإتقان عمليّات التوقيت. وكتب هـ. باستر مادجيان أنّه إلى جانب هؤلاء الروّاد ينبغي ذكر أشخاص، مثل هـ. بيرسون H. Person، استخلصوا مبادىء التنظيم نفسها، ومثل ك.ب. طومسون والصناعي الكبير هـ. دينيسون H. Dennison، أكّدوا تطبيقها.

لقد اضطررنا بالطبع إلى تبسيط الأمور، ولكن يتأكّد لنا ظهور نظام تقني جديد كلّياً في النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ويعطينا الجدول II فكرة عن إنتاجية العامل (القاعدة 100 سنة 1900).

جدول II

الفترات	الحديد الصبّ (ألمانيا)	الفحم الحجري (ألمانيا)	المناجم والمصانع (الولايات المتّحدة)
1843-1833...	9	46	22
1852-1844...	8	45	35
1859-1853...	11	49	37
1867-1860...	19	65	41
1878-1868...	35	78	58
1886-1879...	60	100	72
1894-1887...	80	101	86
1902-1895...	97		

تعبّر لنا هذه الأرقام عن التطوّر التقني الذي تحقّق في تلك الفترة، كما تفسّر بدرجة كبيرة كيف تمكّن النموّ من الاستمرار.

التطوّرات

عشية الحرب العالمية الأولى كان النظام التقني الجديد حقيقة واقعة. ويمكن إجراء ملاحظتين. الأولى تتعلّق بامتداده في العالم؛ فلا أحد يدهش من القول إنّ الاختراعات، حتّى الأكثر فائدة منها، لم تكن بعد، في الكثير من الحالات، قد تمكّنت من الحلّ مكان التقنيات أو الطرق القديمة. إلاّ أنّ هناك أرقام تظهر لنا في بعض القطاعات مدى تقدّم «الثورة الصناعية». سنة1914، كانت شركة فورد Ford قد أنتجت 240000 سيارة، وهو عدد لا يستهان به. سنة 1913 كان قد استُخرج 1388 مليون طن من الفحم، وحوالي 45 مليون طن من البترول. أمّا إنتاج الكهرباء فكان ما يزال ضعيفاً. إذا كانت بعض البواخر قد اعتمدت، بين السنتين 1907 و 1914، التربينة البخارية فإنّ معظم السفن التجارية كانت ما تزال تسير بواسطة الآلات التناوبية. قد يفيدنا أيضاً عدد المشتركين بالهاتف، عدد المنازل مع مصعد كهربائي، وعدد الجرّارات التي تسير بواسطة البنزين. وأفضل ما يمكن القيام به تقييم شامل لمدى إختراق النظام التقني الحديث سنة 1914.

النقطة الثانية لا تقلّ أهمّية. من حيث تشكّله كما في سنة 1914 كان النظام التقني

الجديد يملك، وفي كل المجالات تقريباً، إمكانيات كبيرة للتطوّر. ولا حاجة للإصرار كثيراً على هذه النقطة فالأمثلة الملموسة كثيرة وأكيدة: السيّارة، الطيران، البرق اللاسلكي، المنشآت الكهربائية، الهيدرولية كلّها كانت مهيّأة لتطوّرات واسعة قبل الوصول إلى حدودها.

لا شكّ في أنّ قسماً كبيراً من هذه التطوّرات نتج عن مجهود الحرب، بين السنتين 1914 و 1918. فالضغط المنبثق عن احتياجات الجيوش، ومجهود منهجي في الأبحاث التقنية، تشجّعه الحكومات وتدعمه، أدّيا إلى تسارع ملحوظ في تقويمات النظام وإتقانه. كان الإنتاج الغزير وبالجملة، والبحث عن المادّة الأفضل، في التسلّح كما في المواصلات، يطرحان مسائل حُلّ أكبر قسم منها ممّا أوصلنا إلى دروب مثمرة استفادت منها فترة ما بعد الحرب.

إذا كنّا نجد أعمالاً تتعلّق بنهاية القرن التاسع عشر، فيجب الإعتراف أنّنا نفتقر إلى كتب تتناول الفترة الممتدّة من شهر آب (أغسطس) 1914 حتّى بداية الحرب العالمية الثانية، حيث لم يعر المؤرّخون، وكذلك علماء الاقتصاد، انتباهاً لمشاكل ازدادت تعقّداً. ويبدو أنّ التقنيّين اهتموا أكثر بعصور بعيدة لهذا اضطررنا إلى الاقتصار على بعض أمثلة لها دلالتها الخاصّة ولكن قد لا يكون بإمكانها، من ناحية معيّنة، إعطاء فكرة كاملة وواضحة.

في مجال الطاقة أبقينا على محوّلات الطاقة نفسها، التربينات البخارية التي أخذت تدريجياً مكان المكنات البخارية القديمة التي اختفت تقريباً كلّياً (شكل 13)، التربينات الهيدرولية، محرّكات الإحتراق الداخلي، الإنفجارية، والديزل. وقد ربح كلّ منها قوّة ومردوداً بفضل التحسينات التي طالت بشكل خاص الأجزاء المكمّلة عبر استعمال مواد ذات نوعية أفضل، وتصنيع متقن أكثر لمختلف القطع. ما تحوّل هو كامل محيط هذه المحرّكات من خلال تركيبات جديدة، مثل جمع الديزل والمحرّك الكهربائي بشكل يسمح بالإنتقال من طاقة متصلّبة بعض الشيء إلى طاقة أكثر مرونة واستجابة لتغيّرات الطلب. كان هناك أيضاً استبدال الوقود الصلبة شيئاً فشيئاً بالهيدرو كربورات. ولكن بعد ذلك أخذت التطوّرات تتباطأ، تكبحها ضرورة التكييفات والمشاكل الناتجة عنها. وربّما كانت أكبر الجهود، والنتائج الأكثر أهميّة، تتعلّق بمحرّك الطائرة، وكانت السبل وعرة نوعاً ما إن بالنسبة لقوّة المحرّك أو لوزنه. سنة 1920 وصلنا إلى وزن أقل من الكلغ للحصان الواحد، ولكن مشكلة الضغط أخذت وقتاً طويلاً قبل الوصول إلى حلّ: على علو أكثر من 5000 متر كانت القوّة تخسر نصف

قيمتها، وقد تمكنّا مع اكتشاف المصحّح الإرتفاعي، وزيادة الإلقام والضغط من تجاوز حدّ ضيّق جدّاً.

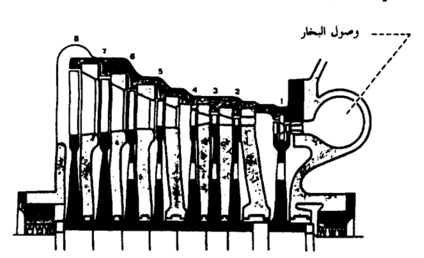
إذا كانت مشكلة المردود هي الوحيدة المطروحة بالنسبة للمنشآت الثابتة، فإنّ المحوّلات المتحرّكة، لا سيما المستعملة في مجال المواصلات، لا يمكنها أن تتقدّم دون الاستعانة أوّلاً بتقنيات مختلفة أنّ بالنسبة للمواد أو للأعضاء المكمّلة، وثانياً بتنظيم للمدى كان في معظم الحالات جديداً: تثقيف المستعملين، شبكات للتصليح، شبكات لتوزيع الوقود، إلخ.

لا شكّ في أنّ أفضل نموذج عن الطريقة التي اقترحناها هو تقنيات النقل والمواصلات، فهي أكثر تقنيات تستدعي محيطاً واسعاً جدّاً. يبدو أنّ المواصلات، بعد الحرب العالمية الأولى، كانت تتحكّم بها متغيّرتان مهمّتان، الكلفة من جهة، والسرعة من جهة أخرى. الكلفة هي دون شك مفهوم معقّد وله طابع تقني واقتصادي في آن واحد: تقني من حيث أنّ مردود العتاد يتّجه نحو أقصى ما يمكن (مدى مقاومة المواد المستعملة، كما مردود الآلات ومشاكل أخرى من المثير أن ندرسها)، واقتصادي من حيث أنّ كلّ شيء يجب أن يندرج ضمن نظام أسعار لا يتوقّف على النظام التقني بمفرده. ونعطي كمثل على هذه النقطة الأخيرة ما حصل بعد سنة 1918 عندما سجّل إنتاج الفحم في فرنسا التواءات تعود إلى عدد كبير من العوامل. لقد قُرّر عندئذ إجراء معادلة بين أسعار مختلف أحواض الفحم كي لا تصبح استمرارية البعض منها عرضة للزوال: إنها الحالة الكلاسيكية للالتواءات الاقتصادية الناتجة عن التطوّر التقني وأيضاً عن ظروف طبيعية خاصّة. في الواقع يكمن السبب الحقيقي لهذه السياسة في الافتقار إلى حركية اليد العاملة. ونرى اليوم مدى الأهمّية التي يأخذها البترول بين مصادر الطاقة، للمشاكل السياسية الكثيرة التي يؤدّي إليها. مرّة أخرى لا نرى الترابطات داخل النظام التقني وحسب، بل أيضاً في مجموعة الأنظمة ككلّ.

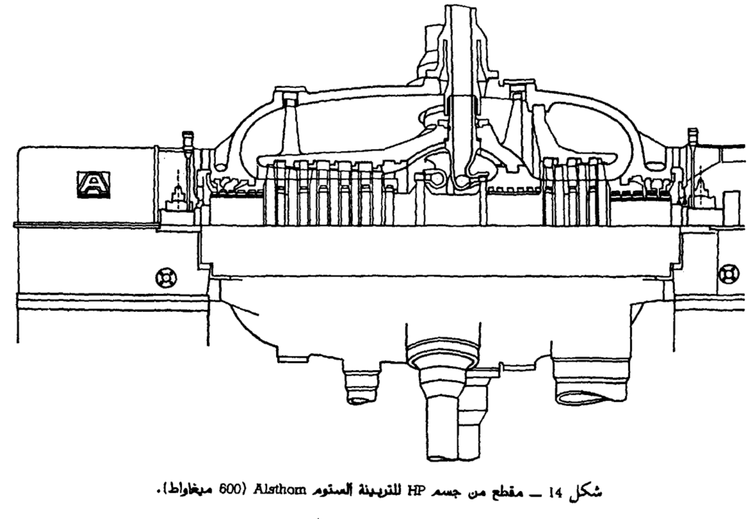
لقد ذكرنا كم كانت السكك الحديدية مدينة في انطلاقتها إلى الأنظمة القرينة. وإلى أولى التجديدات التي أشرنا إليها يجب أن نضيف دورة المسافات سنة 1879، وجهاز التشوير سنة 1892. بعد ذلك وصلت عمليّة تنظيم حركة المرور إلى درجة الإتقان: ظهور أنظمة التحكّم المركزية مع الإدارة المركزية (dispatching)، نحو السنوات 1930-1933، الذي أتمّ نوعاً ما عملية التطوير. المسألة الثانية، وهي خارجة عن نطاق تكنولوجيا المواصلات، هي خفّة وزن العتاد، حيث أدّى تطوير أنواع الفولاذ الخاصة، وتقدّم الصناعة المعدنية إلى ربح كثير في الأوزان. وحينذاك أيضاً ظهرت أولى السيّارات المعدنية. في

نفس الوقت كان ازدياد قوّة الآلة يتحكّم بالأوزان كما بالسرعات، ففي سنة 1900، على طريق باريس - بوردو، كانت آلة بقوّة 1000 حصان تجرّ قطاراً يزن 255 طنّاً بسرعة 90 كلم / ساعة؛ سنة 1925، كانت آلة بقوّة 2000 حصان تجر قطاراً يزن 460 طنّاً بسرعة 95 كلم / ساعة؛ وفي سنة 1935، كانت آلة بقوّة 4000 حصان تجرّ 760 طناً بسرعة 130 كلم / ساعة. كلّ هذا يعود إلى تطوّر في المحرّك بالطبع، ولكن أيضاً إلى تطوّرات قرينة مثل التشحيم الأوتوماتيكي إذا أردنا أن نقتصر على مثل واحد.

أمّا عنصر التطوّر الذي لا يقبل النقاش فكان تغيير القاطرات. لقد جرى تعميم الجرّ الكهربائي بشكل خاص بعد الحرب الأولى، ولكنّنا شهدنا أيضاً ظهور أولى محرّكات الديزل الكهربائية ولم تكن بالطبع تمثّل تحسيناً تقنياً واضحاً ولكنّها أدّت إلى توفير في الاستثمار لا يمكن إغفاله. إذ كان محرّك الديزل يزن 9 كلغ للحصان الواحد، والديزل الكهربائي يصل بهذا الوزن إلى 20 وحتّى 35 كلغ، بالمقابل فإنّ عمليّات التوقّف والإقلاع قد سهلت للغاية بفعل مرونة الطاقة الكهربائية. كذلك لا يجب أن ننسى ذكر تجديد وأن كان جانبياً هو ظهور قاطرات «الميشلين Michelines» سنة 1931. إنّ التحام إطارات المطّاط يبلغ تقريباً ثلاثة أضعاف التحام الفولاذ على الفولاذ. وأخيراً يمكننا أن نذكر تطوّر الديناميكا الهوائية، والذي نلمسه في عدد كبير من تقنيات النقل الأخرى: لقد توصّلنا، عند السرعة 100 كلم / ساعة، إلى الحدّ من مقاومة الهواء حتّى 60 %. وسنعود إلى المسألة الأساسية: إنّ حدّ السكّة الحديدية، على الأقلّ في بعض المجالات، يعود إلى ظروف أخرى غير الظروف التقنية المحضة.



شكل 13 ـ تربينة متعذدة الخلايا (راتوه Rateau)
ثماني طبقات للضغط وتتضمن الأولى طبقتين للسرعة



شكل 14 ـــ مقطع من جسم HP للتربينة ألستوم Alsthom (600 ميغاواط).

(عن لوفور «Les Turbomachines»، باريس، 1969).

في مجال الملاحة البحرية حصل تطوّر مختلف بعض الشيء بالرغم من أنّ النتائج كانت من نفس النوع: زيادة الحمولات، زيادة السرعات. ولكن تجدر الإشارة، كما بالنسبة للسكك الحديدية، إلى أنّ الإنجازات لم تتناول في الواقع سوى حركة مرور خفيفة ومتنوع خاص جدّاً. وقد حاولنا تلخيص هذه الإنجازات في الجدول III، لا سيّما من أجل هذه الحالات الخاصّة. ما نجده في هذا الجدول هو عبارة عن إنجازات بالطبع، ولكنّ الإنجازات لا تتمّ دون جهود تقنية كبيرة. لنذكر هذا النصّ الذي كتب مؤخراً:

بين السنتين 1920 و 1930، حققت المحركات تطوّرات مهمّة. فقد اعتمد تسخين المازوت، كما نتج عن التربينة ذات التشبيكات مردود أفضل من المحرك الذي يدور أسرع ومن المروحة التي تدور أبطأ. مولّد البخار ذو أنابيب الماء أخفّ وزناً وقد سمح بدرجات ضغط أكثر ارتفاعاً (طبيعة المواد): المولّدات القديمة لم تكن تنتج بخاراً إلاّ عند 15 كلغ من البخار المشبع مع استهلاك من 640 إلى 700 غرام من الفحم لكلّ حصان / ساعة. عندئذٍ انخفض الوزن الكلّي من 125 إلى 75 كلغ للحصان الواحد، واستهلاك الوقود من 700 غرام من الفحم إلى 465 غراماً من المازوت في التربينات ذات التأهّب المباشر، ثمّ إلى 450 غراماً في أولي التربينات ذات التشبيكات، والبخار المشبع. ضغط البخار انتقل من 15 إلى 30 كلغ. وفي الوقت الذي أدخل فيه التسخين من 350° إلى 400°، انخفض استهلاك الوقود إلى 325 غراماً لكلّ حصان / ساعة. باختصار، وصل انخفاض وزن الجهاز الدافع إلى نصف ما كان الوزن سنة 1900. وإلى هذا الانخفاض نضيف انخفاض التزوّد بالوقود الضروري من أجل عبور الأطلسي الذي تجاوز 50%.

إنّ استعمال أنواع الفولاذ الخاصّة يسمح بتخفيف وزن الهياكل ضمن الاحتفاظ بصلابتها وإذا كانت نظرية بيرتان Bertin حول أبعاد السفن القصوى قد بقيت صحيحة، فإنّ هذه الحدود لم تبقَ على ما هي

ونفس التطوّر أيضاً شهدته السفن الحربية، وهنا كانت مسألة المواد أهمّ بسبب التصفيحات. إذا كان الفولاذ قد خفّف من وزن السفن حتّى 50 و 55% من وزن السفن الخشبية، وحتّى 36 و 45% من وزن السفن الحديدية، فإنّ استعمال أنواعه الخاصّة واللحام أدّيا إلى اختصارات جديدة. بالمقابل بقيت السفينة التجارية تقليدية لفترة طويلة، ذات حمولة متواضعة، محتفظة غالباً بالآلة التناوبية القديمة والفحم. فهنا لم تكن السرعة ضرورية وقد اتجهنا إلى الديزل الذي كان يناسب تماماً لهذا النوع من النقل وأفضل نموذج عنه سفينة «بالمير Palmyre»، من سنة 1939، وكانت تتسع لِ 22000 طنّ حمولة، وتزن 30000 طنّ.

جدول III

السنة	السفينة	الحمولة	السرعة (بالعقد)	الآلــة (النــوع)	القـوّة
1858	الشرق العظيم (Great Eastern)	28800	13,4	آلتان تناوبيتان وعجلات	
1863	سكوتيا Scotia	3871	15,3	نفس الشيء	
1893	كامبانيا Campania	19000	22	تناوبية مروحة	
1914	أكيتانيا Aquitania	51700	24	تربينات	60000
1935	نورمانديا Normandie	68960	28,64	تربينات مناوبة	160000
1935	الملكة ماري	74000	29,68	نفس الشيء	200000

أمّا السيّارة فقد بدأت تحتلّ العالم، وقد أتاحت لها الحرب أن تمرّ من المرحلة الحرفية إلى الصناعة بالجملة. سنة 1914 كان الجيش الفرنسي يملك 6000 عربة سيّارة، فأصبح هذا الرقم 92000 سنة 1918. كما انتقل فورد Ford من إنتاج سنوي بلغ 240000 سنة 1914 إلى إنتاج بلغ 950000 سنة 1919. بالطبع لعبت المواد دوراً مهمّاً جدّاً إن بالنسبة لصناعة المحرّكات أو صناعة الهيكل. وكانت «أوميغا ستّة Oméga 6» الفرنسية أوّل سيارة استعملت أنواع الفولاذ الخاصّة على نطاق واسع. كما ظهر الهيكل المصنوع من المطيل المطرّق سنة 1920 في أمريكا. ولكنّ التطوّرات «الجانبية» كانت أيضاً كبيرة. سنة 1905 اخترع الفرنسي بوسّو Bossu المطلِق الكهربائي وقوّمه الأميركي بنديكس Bendix سنة 1912. بعد سنة 1923 اعتمد الكبح الكامل بصورة نهائية، وقد أدّى ضمّ مضاعف الكبح (سيرفو Servo) إلى زيادة قوّة الكبح دون حاجة إلى زيادة الضغط على الدوّاسة. كما استُعمل الإطار ذو الضغط المنخفض، وهو أكبر من الإطارات السابقة، في كلّ السيارات انطلاقاً من العصر نفسه. أمّا إطارات المطّاط المنفوخة فقد أحدثت على الجزوع الأمامية تذبذباً خطراً (أعطي اسم رقصة كانت رائجة آنذاك: الشيمي Shimmy). وكما كتب أحد مؤرّخي السيارات، «لقد وجب حتماً مراجعة التعاليق، المخمدات، أنظمة الكبح؛ عندئذٍ اكتُشف أنّ انضباط السيّارة كان يتوقّف على كلّ هذه العناصر التي يؤثّر بعضها على البعض الآخر». كان بإمكان إطار المطّاط أن يقطع 1500 كلم سنة 1906، 4000 كلم سنة 1914، ثمّ 8000 كلم سنة 1925. العجلات المستقلّة، علب السرعة، التي أتقنت منذ 1925، تعميم استعمال

التشحيم تحت ضغط القاعدة، واعتماد برنيق السلّولوز سنة 1924 وإحلاله مكان الدهانات الزيتية، كلّها أمور أعطت السيّارة مظهرها النهائي. أمّا الانقلاب الكبير فقد حصل سنة 1934 وكان يتعلّق بتوضيب الأجزاء: وهنا ظهور الجاذب الأمامي. وينبغي أن نضيف إلى كلّ هذا حدثاً مهمّاً: خلال حركة ارتفاع للأسعار يعرفها الجميع ويعرف مداها، لم تتزايد أسعار السيّارات، سنة 1925، سوى بنسبة من 1,5 إلى 2%.

لا شكّ في أنّ الحرب أقلمت العالم مع الطائرة. في الواقع كانت طبيعة العمل، بين السنتين 1914 و 1918، سريعة وارتجالية، إلاّ إنّ ضرورات القتال فرضت أنواعاً خاصّة من الطائرات. وأدّت كمّية الأجهزة الكبيرة التي وجدت فور انتهاء المعارك إلى التفكير باستعمالها مدنياً. في شباط 1919، افتتحت أولى الخطوط بخطّ باريس ـ لندن مع أحد عشر مسافراً، وبخطّ باريس ـ بروكسيل مع خمسة مسافرين، بواسطة الطائرة غوليات ف 60. إنّما كان ينبغي استبدال هذه الطائرات العسكرية المحوّلة بطائرة من نوع مختلف تماماً. وكما بالنسبة للسيّارات شجّعت السباقات على زيادة السرعات والمسافات المقطوعة في آن. سنة 1920، وصلت الطائرة سباد 20 Spad إلى سرعة 265 كلم / ساعة، وفي نهاية السنة بلغت سرعة النيوبورت ـ دولاج Nieuport-Delage 309 كلم / ساعة وهي سرعة كان يُعتقد بأنّ أحداً لن يتجاوزها. سنة 1924، ووصلنا إلى 448 كلم / ساعة وهو رقم قياسي دام عشر سنوات. كما نعرف أنّ عبور شمالي الأطلسي وجنوبه جرى سنة 1927.

لقد رأينا التحسينات التي طرأت على المحرّكات من حيث القوّة والوزن؛ هناك أيضاً تغيّرات طرأت على شكل الأجهزة نفسه. بشكل عام اعتمدت الطائرة أحادية السطح، مع بنية مسلّحة داخلية، وظهرت العجلات الغائرة وأصبحت الحجيرات أكثر دقّة ورفاهية. بعد سنة 1930 أدّى استعمال الأشابات الخفيفة وأنواع الفولاذ الخاصّة إلى إلغاء الأصر. وهكذا ولدت الطائرة الحديثة.

بعد أن كانت الطائرة الناقل الأمثل للبريد، سرعان ما أصبحت تنقل الناس أيضاً. منذ سنة 1919 تشكّلت شركة ألمانية من أجل وصل برلين مع هامبورغ ولايبزيغ، وتأسّست أوّل شركة إنكليزية في آب 1919. وهناك بعض الأرقام التي تعطينا فكرة عن مدى نموّ وسيلة النقل الجديدة هذه؛ حيث أمّنت الخطوط الجوّية العالمية: سنة 1919، 5150 كلم؛ سنة 1929، 202455 كلم؛ سنة 1937، 536717 كلم.

إذن كلّ الجهود التي بذلت في نهاية القرن التاسع عشر أفضت إلى ثورة حقيقية في المواصلات، إلاّ أنّ التقويمات كانت طويلة وشاقّة.

التقنيات الأخرى شهدت تطوّرات بطيئة، وهي معروفة بشكل عام، لكنّ مراحلها لم ترسم بالدقّة المطلوبة، لا سيّما الدقّة الزمنية. إذن من الصعب أن نميّز البحث التقني الذي أصبح حتماً متواصلاً أكثر فأكثر والتقنيات الصناعية. إذا كُتب تاريخ كهذا، ندرك بسهولة أنّه يوجد، في الواقع الصناعي، أنظمة تقنية وأنّ هذه الأنظمة لها حدودها وأنّ المرور من نظام إلى آخر لا يمكن أن يتمّ دون وجود بحث مسبق يؤدّي تدريجياً، عبر تحقيق توازن معيّن بين التطوّرات الممكنة، إلى النظام التقني التالي. إذ قلنا أنّ البحث بين السنتين 1920 و 1930 بقي متواصلاً فهذا لا يكون موضع شكّ من قبل أيّ كان: اكتشاف البنسلين والنيلون يعود إلى هذا التاريخ ولكن لم يكن بعد بوسعهما أن يندمجا ضمن النظام التقني القائم آنذاك. حتّى أنّه جرت أيضاً أبحاث مشتركة، ونذكر كمثل المكتب المركزي لدراسة عتاد سكّة الحديد، وكان جهازاً تقنياً يهتمّ بالشبكات الفرنسية الكبيرة.

هكذا تمكّنت الصناعة الحديدية. دون تغيير بنية أجهزتها أو طرقها، من تحقيق تطوّرات ملحوظة. بين السنتين 1900 و 1950، ازداد طول قطر بوتقات المصاهر العالية أكثر من الضعف، وأدّى بهذا إلى إنتاج يومي بلغ 1000 طنّ، أي ما يعادل الإنتاج السنوي لمصهر من القرن الثامن عشر؛ وانتقلت المحوّلات توماس Thomas من 30 إلى 60 طنّاً: أولى إنتاجات فولاذ مارتان Martin كانت من 15 إلى 20 طنّاً، فأصبحت 550 طنّاً سنة 1950. ومنذ سنة 1930 توصّلنا إلى تحويل الفحم الحجري الذي لم تكن الصناعة الحديدية تستعمله إلى فحم كوك. سنة 1900 كان إنتاج الدوائر المصفّحة، بقطر يبلغ بالكاد 150، يعادل من 8 إلى 10 أطنــان في الساعة؛ سنة 1950 وصلنا إلى قطر يبلغ 550 وإنتاج من 80 إلى 100 طنّ في الساعة. أمّا تصفيح المطيلات المتواصل فقد ظهر سنة 1892 في تلبيتز Telpitz، ومنذ سنة 1916 كان يتمّ في الولايات المتحدة تصفيح قدّة من الحديد يبلغ عرضها 600 ملم بحسب سير متواصل. ومن الـ 100 طنّ التي كانت تنتجها المطرقة الآلية انتقلنا إلى الـ 20000 طنّ من إنتاج مكابس التطريق.

كذلك يمكننا التكلّم عن الانتشار السريع للوسائل الآلية في المناجم، في الزراعة، وعن تعميم وسائل نقل الطاقة بفضل الكهرباء، وعن الاستعمال المتزايد لهذه الأخيرة نظراً لخصائصها الحرارية كما لدورها الكيميائي. وقد يلزمنا وضع خرائط لشبكات النقل (كهرباء، هاتف، خطوط أنابيب، إلخ) في مختلف الفترات كي ندرك بالتحديد مدى تطوّر بعض التقنيات. إنّ أولى مشاريع المصانع التي تستعمل قوّة المدّ المحرّكة تعود إلى السنوات 1919-1923: دراسات حوض أركاشون (1921) Arcachon، لا روشيل (1919) La Rochelle، والسيفرن (1918) Severn. وكمحاولة لوضع قياس

للتطوّر التقني، وسنرى في الفصل التالي مدى فائدة هذا النوع من القياس بغية استبيان تطوّر لا نلمسه عادة سوى بطريقة مبهمة، سنعتمد أيضاً على الإنتاجية وهي أفضل ما يُبرز لنا الفوارق.

في القرن الثامن عشر، كان يقوم المزارع بتغذية 2,5 أشخاص. هذا الرقم انتقل إلى 3,7 في السنوات 1920-1925، إلى 4,3 في السنوات 1925-1929، كي يصبح 5,1 في السنوات 1935-1939. إذن كان التدرّج معتدلاً حتّى عشية الحرب العالمية الثانية. الجدول IV يعرض لنا الأرقام الأمريكية، مع القاعدة 100 سنة 1929.

جدول IV

السنوات	مؤشّرات الإنتاج	الإنتاج	
		لكلّ عامل	لكلّ ساعة عمل
1869....	7,3	34,1	27,3
1879....	11,2	39,0	32,2
1889...	21,6	49,4	42,0
1899....	32,1	59,7	51,4
1909....	49,6	66,1	59,3
1914....	56,6	71,6	66,1
1919....	63,4	63,0	61,5
1929....	100,0	100,0	100,0
1939....	103,0	80,0	128,0

(جدول عن ج. فوارستييه J. Fourastié, «Le Grand Espoir du XX^e siècle» باريس، 1972، ص. 42).

سنعود إلى هذه الأرقام التي تتطلّب تعليقاً دقيقاً، إنّما ليس بالإمكان الوصول إلى الدقّة التي نتوخّاها. ونقدّم جدولاً آخر (جدول V) يترجم نوعاً ما إلى نتائج ملموسة هذا الجدول الأوّل المجرّد بعض الشيء.

جـــدول ٧

السنـــــوات	استهلاك الطاقة (بما يعادل ملايين أطنان الفحم الحجري)	إنتاج الفولاذ (ملايين الأطنان مع الحديد حتّى سنة 1900)
....1860	200	7
....1880	390	19
....1900	765	41
....1920	1450	70
....1930	1730	110
....1950	2520	160

إنّ هذه الأرقام الملموسة تطرح مسألة أخيرة مهمّة، إنّها مسألة الهوّة بين البلدان المتطوّرة والبلدان غير المتطوّرة. لا شكّ في أنّ الكلّ يوافق على القول إنّ تطوّر مختلف البلدان اقتصادياً يرتبط ارتباطاً وثيقاً اليوم بالانتقال التكنولوجي: «إنّ انتقال التكنولوجيا عالمياً هو عامل أساسي من عوامل التقدّم الصناعي». إلاّ أنّنا فضّلنا استعمال عبارة اكتساب التقنيات من قبل البلدان غير المبادِرة، واحتفظنا بعبارة الإنتقال للدلالة على مرور طريقة تقنية من صناعة إلى أخرى.

في الواقع، وكلّ مجهودنا ينصبّ هنا، مسألة اكتساب التقنيات من قبل البلدان غير المبادِرة هي واحدة من الحالات الدقيقة حيث يظهر مفهوم التوافقية بين مختلف الأجهزة مفهوماً أساسياً. بعبارة أخرى، أيّ تقنية تستلزم نظاماً اجتماعياً، ونظاماً اقتصادياً قادرين على استيعابها. إنّ وجود طبقة عاملة، وطبقة عاملة تتمتّع بثقافة معيّنة، وتأهيل الكوادر، وإمكانيات الاستثمار، واستجابة قدرة استهلاكية معيّنة، كلّها عناصر ضرورية، وهناك أخرى أيضاً، من أجل النجاح. الفترة التي نتناولها هنا هي غنية جدّاً بهذا الصدد، لذا يجب أن تكون موضع أبحاث وأعمال نفتقدها بشكل ملفت. لا يجب دراسة التطوّر التكنولوجي في الولايات المتّحدة بشكل أفضل وحسب، بل أيضاً في بلدان أخرى وعت، بشكل فجائي نوعاً ما، إلى أهميّة العنصر التقني، مثل روسيا، إيطاليا، وبصورة استثنائية اليابان. إنّ مساهمة رؤوس الأموال الخارجية، ونهاية القرن التاسع عشر هذه كانت بحقّ عصر الاستثمارات في الخارج، قبل الاضطرابات المالية العائدة إلى الحرب العالمية الأولى، ولكن أيضاً «تصديرات»

المصانع، و «تصديرات» التقنيين، والتقليد، والبعثات، والرخصات والإجازات، كلّ هذه الأمور ما تزال عبارة عن حقول تنتظر من يقوم بدراستها فعلاً. كلّ هذا أيضاً يرتبط بمشاكل مالية كانت غاية في الحساسية: لا شكّ في أنّ الإقلاع الصناعي في إيطاليا، الذي يتطابق إذن مع اعتماد التقنيات الحديثة، كان مسهّلاً عبر طريقة السعر المفروض.

من الصعب أن نضع صورة للعالم التقني بين 1929 وبداية الحرب العالمية الثانية، ولكن يمكن القول إنّه سنة 1939، لم يبق سوى مخلّفات من الثورة التقنية الإنكليزية التي شهدها القرن الثامن عشر. ربّما كانت القاطرة البخارية، في طور الإختفاء أمام الجرّ الكهربائي أو الديزل، والباخرة الكبيرة عبارة عن آخر آثار لهذه الثورة، ومع الكثير من التحوّلات أيضاً. السيّارة، الكهرباء والبترول، الهاتف والبرق اللاسلكي، الطابعة منضّدة السطر الواحد (اللينوتيب)، الفولاذ، المرغرين، الحرير الاصطناعي، كلّ هذه الأمور تشكّل الصور الأكثر نموذجية عن النظام التقني الجديد.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

إنّ البيبليوغرافيا المتعلّقة بهذه الحقبة غزيرة للغاية، ولكن عديمة التوازن والتساوي نوعاً ما. في بعض القطاعات كانت الأبحاث كثيرة ودقيقة بينما اقتصرت في البعض الآخر على أعمال ضحّت بالجوهر لصالح الأحداث الخارقة. كذلك يجدر بنا ذكر قصص حياة المخترعين وكانت عديدة، ولكن، هي أيضاً، تشوبها نقاط ضعف ليس أقلّها الإنحياز: المذكّرات بشكل خاص تنزع إلى إعادة بناء الاختراعات بشكل منطقي لا سيّما الاختراعات التي لم تكن المنطقية صفتها الغالبة.

لقد ذكرنا أنّ قسماً كبيراً من المراجع التي أوردنا بالنسبة للفترة السابقة يبقى مفيداً أيضاً بالنسبة للفترة التي تناولناها للتو، لهذا نقتصر هنا على بعض الأعمال الأساسية. في الواقع، لم يتمّ إبراز مفهوم ثورة صناعية ثانية إلاّ عبر كتاب واحد، موجز كثيراً من جهة أخرى بخصوص بعض المسائل:

هـ. باسدرمادجيان H. Pasdermadjian، «La Deuxième Révolution industrielle»، باريس، 1959.

ويمكننا الإستعانة بتقييمات وضعت واعتمادها كقاعدة إنطلاق متينة من أجل أبحاث لاحقة:

A Century of Technology (1851-1951)، بإشراف ب. دانشيت P. Dunsheath، لندن، 1951.

«L'Evolution des techniques industrielles depuis 50 ans (1880-1930)» ضمن مجلّة «الهندسة المدنية»، 1930، عدد خاص.

(1900-1950) «Cinquante ans de perfectionnement technique» باريس، 1952.

وقد كُرِّسَ بعض الدراسات المهمّة لبعض التقنيات الخاصّة، القديمة ولكن التي تحسّنت خلال الفترة موضع الكلام. وسنذكر كمثل:

ل. هانتير L.C. Hunter. «Les Origines des turbines Francis et Pelton» ضمن، «مجلّة تاريخ العلوم»، 1964، ص 209-242.

إنّما هناك بشكل خاص أعمال وضعت حول التقنيات الجديدة، عن المحرّكات وتطبيقاتها. في معظم الأحيان لا تبدو هذه الدراسات مرضية، ولهذا جاء اختيارنا محدوداً جدّاً:

إ. لو غاليك Y. Le Gallec، «Les Origines du moteur à combustion interne»، ضمن «التقنيات والحضارات»، II، 1952، ص. 28-32 و 47-50.

إ. ديزل E. Diesel و. ج. غولدبك G. Goldbeck، «From Engines to Auto : five Pioneers in Engine Development» شيكاغو، 1960.

ف. ساس F. Sass، «Geschichte des deutschen Verbrennungs - motorenbaus von 1860 bis 1918» برلين، 1962.

ليس لدينا أي تاريخ حقيقي للسيارة أو الطيارة. نقتصر إذن على عنوانين ونضيف كاتالوج يتضمّن الكثير من العناصر الأساسية لمعلوماتنا:

ر. شامب R. Chambe، «Histoire de l'aviation»، باريس،1949.

ج. روسّو J. Rousseau، «Histoire mondiale de l'automobile» باريس،1958.

«Le Siècle de l'automobile . Centenaire du moteur à explosion. De Beau de Rochas à nos jours» باريس، 1961.

حول تقنية معيّنة:

هاول Howell و شرودر Schroeder، «History of Incandescent Lamp»، شينكتادي Schenectady، 1927.

قصص حياة المخترعين عديدة ولكن هنا أيضاً اضطررنا إلى اختيار محدود:

بو دو روشا Beau de Rochas، «Documents pour l'histoire des techniques»، عدد 2 تشرين الأوّل (أكتوبر)، 1962.

بل Bell، «The Bell Telephone»، بوسطن، 1908.

هـ. بسمر H. Bessemer، «An Autobiography»، لندن، 1905.

ج. ب. بوسّانغو J.B. Boussingault، «Mémoires»، باريس، 1892-1900.

برونيل Brunel ول. رولت L.T.C. Rolt، «Isambard Kingdom Brunel»، لندن، 1957.

ف. ب. كوبلي F.B. Copley، «Frederick Winslow Taylor»، نيويورك، 1923.

ر. ديزل R. Diesel، «Die Entstehung des Dieselmotors»، برلين، 1914.

إ. ديزل E. Diesel، «Exposition Diésel, au Conservatoire national des Arts et Métiers» باريس، 1955.

ج. بيلسينير J. Pelseneer، «Zénobe Gramme»، بروكسل، 1944.

بارسنز Parsons ور. أبليارد R. Appleyard، «Charles Parsons»، لندن، 1933.

بالنسبة للفترة التي تناولناها لتوّنا، يأتي عمق المادّة الوثائقية، وهي وفيرة جدّاً، من جهة عن المجلاّت التقنية، وهي كثيرة، ومن جهة أخرى عن محفوظات الشركات، قبل إتلافها.

الفصل العاشر

نحو نظام تقني معاصر

غالباً ما يشعر المؤرّخ بنفسه مجرّداً من السلاح عندما يكون مضطراً للكلام عن زمنه. فهنا يفتقر بشدّة إلى التراجع المطلوب للنظر إلى هذا الزمن ويخشى دوماً من عدم قدرته على الإحاطة بالأحداث وقياس الظواهر الملحوظة وإعطاء حكم على نسب العالم المحيط به. لهذا تدرك ولا شك عزيزي القارىء مدى التردّد الذي سبق تحرير هذا الفصل.

وهناك صعوبة أخرى. ففجأة تصبح المادّة الوثائقية غزيرة بشكل يفوق التصوّر، لطالما أصبحت المسائل التقنية تأخذ أهميتها في حضارتنا الحالية، في أذهاننا، وفي الحياة اليومية نفسها، مادّة وثائقية متنوّعة، ولكن متناقضة معظم الأحيان: الدليل على هذا كلّ ما يتعلّق بالمراكز النووية. حتّى أنّ التناقضات تبرز في الواقع نفسه، ففي الحركة الكبيرة التي تقوم حالياً بتجديد النظام التقني، مشينا بسرعة أكبر من اللزوم في بعض القطاعات، كما أنّنا أيضاً أخذنا دروباً تبدو اليوم مغلقة: فكلّنا نعرف الأسئلة التي تنطرح حول طائرة «الكونكورد»، حول ناقلات النفط الخارقة، وحول المحرّكات النووية في مجال البحرية التجارية.

إذن كان لا بدّ من سلسلة الأسئلة. وأوّلاً طرحها بعبارات واضحة ودقيقة، وهذه بحدّ ذاتها ليست بالمهمّة السهلة، ممّا يفسّر أيضاً طول هذا الفصل الأخير. من جهة أخرى قد يمضي عليه الزمن في مستقبل قريب، وهنا نأمل من القارىء أن يعذرنا في هذا.

سوف نستمرّ باعتماد المخطّط الذي استعملناه منذ البدء، حتّى ولو بقيت بعض المسائل دون حلول. بعبارة أخرى، يجب أوّلاً البحث عن الأسباب التي حالت دون استمرارية النظام التقني السابق، على الأقلّ ضمن بعض الظروف. لا شك أن البحث الأصعب يكمن هنا، وهو قلّما جرى كما ينبغي. علينا إذن الاكتفاء بالاقتراحات، بالافتراضات، وببذل مجهود كبير في هذا الاتجاه بغية الوصول إلى التفسيرات القيّمة والصحيحة.

بعد ذلك كان علينا أن نميّز، ضمن مجموعة التقنيات، عدداً من التحوّلات الكبرى، أي التحوّلات التي جرّت سائر التقنيات. وبدا من الواجب لفت الانتباه إلى بعض النقاط،

لأنّ التجديدات التي برزت كانت تمثّل «أقطاب النموّ» هذه التي يشير إليها علماء الاقتصاد، في النواحي المحرِّكة. ولم يكن من الصعب تعدادها.

من هذه التجديدات الكبرى، وجب الانتقال إلى التطبيقات الصناعية والإشارة إلى كلّ التحوّلات التي انبثقت عنها. ليس فقط الصناعات المتحوّلة، الصناعات الجديدة، ولكن أيضاً تطوّر بنيات الإنتاج التي لا تقلّ أهميّة. هنا أيضاً كان يجب إجراء اختيار معيّن، لأنّ الأمر يلزمه في الواقع مجلّدات، رأينا بعضها يتحقّق، فقط بعضها، في عدد من المجالات حيث الإعلام يتجاوزه الزمن بسرعة.

إنّ المرور من الاختراع إلى التجديد هو اليوم أسرع بكثير ممّا كان عليه في القرن التاسع عشر وحتّى في النصف الأوّل من القرن العشرين. لم تعد المسائل مجرّد عملية تقويم تقني، ولكن أصبحت تطال المستويات المالية والاجتماعية. إنّه أيضاً مفهوم التوافقية بين الأنظمة، ولا شكّ أنّ الأبحاث كانت كثيرة في هذا المجال: يبقى الكثير بانتظار من يقوم به.

لم تعد الطبقة السياسية وحدها تتأثّر بالمسائل التقنية، كما كان الأمر لفترة طويلة. فاليوم شعوب بأسرها تجد نفسها معنيّة، وبأشكال متنوّعة، بالتحوّلات التقنية. لأنّ انعكاسات هذه التحوّلات هي كثيرة فعلاً على الحياة اليومية، على المحيط، على التطوّر السياسي أو الاقتصادي، كثيرة إلى درجة تمنعنا من التمييز بينها أحياناً. وكما الحال دوماً تجاه مسألة مهمّة وواسعة، تتبلور ردود الفعل حول موقفين متناقضين: تخوّفات البعض وآمال البعض الآخر. هنا أيضاً كانت التحليلات عديدة، ومتباعدة من حيث نتائجها. ويتأكّد لنا أكثر فأكثر أنّه لا يمكن تبيّن التطوّر بمجرّد مرور الكرام.

«الأسباب»

إنّها هي، كما ذكرنا، الأصعب للعرض، لا سيّما مع ازدياد إتقان الأنظمة التقنية. ينبغي للتحليل أن يقوم على أساس نقاط ثلاث:

I - دراسة بعد الحاجات وإمكانيات العرض، من حيث الكمّيات، النوعيات والأسعار، على الأقلّ الأسعار على فترة قصيرة.

II - بهذا تحديد التقنيات المشبعة وتمييز الهوّات بينها وبين ركاب التطوّر.

III - إستنتاج منحنيات عرض وطلب التجديدات التقنية، ممّا يربط بالضرورة بين التطوّر التقني والبحث النظري.

لنذكر كلمة للعالم الاقتصادي روستو Rostow:

يمكننا أن نمثّل حجم الموارد ـ بما فيها الموهبة البشرية ـ المكرسة للبحث العلمي النظري وللإختراع، في مجتمع معينّ وفي حقبة زمنية معيّنة، بواسطة منحنيات عرض وطلب كلاسيكية تماماً. يُظهر منحنى الطلب الربح المتوقّع عند تخصيص موارد إضافية للبحث العلمي النظري إنطلاقاً من الرصيد الذي تشكّله المعلومات الموجودة. بما أنّ النتائج الحاصلة في البحث العلمي البحت لا تدخل مباشرة في الإقتصاد الخاص (باستثناء بعض الصناعات المعاصرة المتقدّمة للغاية، والتي تحوز على مختبرات كبيرة)، فإنّ طلب النتائج العلمية قد يُظهر الثمن الذي يعلقّه مجتمع معين على هذه النتائج. أما منحنى العرض فيظهر حجم الموارد المقدّمة فعلاً للبحث العلمي النظري، من قبل مجتمع معينّ وفي حقبة زمنية معيّنة، كجواب لهذا الثمن المشجّع. وكلّ فرد قد يتأثّر أو لا يتأثّر بالفوائد المنتظرة من البحث العلمي النظري. والبعض يندفع إلى البحث عن المعلومات الجديدة انطلاقاً من ضرورة داخلية لا علاقة مباشرة لها مع مكافأة خارجية، ولكن بالنسبة لمعظم البشر، يمكننا اعتبار أنّ الموهبة تتعلّق كثيراً بالمكافآت، مالية أو غير مالية، تعرضها الشركة الفلانية مقابل النتائج العلمية الحاصلة. بوسع منحنيين مشابهين أن يمثلا طلب الاختراعات وعرض الموهبة والموارد كاستجابة للأرباح المرجوة. هنا تقترب الحالة من اقتصاد السوق. في ما يتعلّق بالاختراع، يمكننا بالفعل إنتظار مرونة أكبر بالنسبة للأرباح المتوقّعة، وهذا ما تؤكّد عليه، بالنسبة للفترة التي تهمّنا (أي بدايات الثورة الصناعية الإنكليزية)، تقلّبات الاختراع العائدة إلى السلم وإلى الحرب، إلى الازدهار وإلى الإنحطاط. مع هذا، نحن هنا بصدد أشخاص دفعتهم الفطرة لإبراز موهبة خلاقّة، ويمكن لمنحنى العرض بالنسبة للمخترعين أن يعبرّ، هو أيضاً، عن فوائد مادّية.

يهمّنا هنا هذا النموذج من حيث أنّه يبعث على التفكير، ومن حيث أنّه علينا أيضاً أن نتجاوزه. لنلاحظ أوّلاً أنّ العصر الذي يرجع إليه روستو يختلف عن العصر الذي نتناوله هنا، لا بل الإختلاف كبير وواضح. إنّ منحنيات العرض والطلب يصبح من الصعب وضعها منذ أن لا يعود الأمر مقتصراً على مجرّد كمّيات، أو مجرّد أسعار، بل على أساليب صناعية أو نوعية. إذن بعيداً عن نموذج، مفيد ولكن موضوع بشكل سفسطائي، يتعينّ حسب اعتقادنا إبراز عدد من الظواهر الكبرى التي أدّت في آن واحد إلى أبحاث نظرية، تقويمات وتجديدات. بعبارة أخرى الأسباب نفسها للمرور من نظام تقني إلى آخر، وإيجاد ترابطات النظام التقني الجديد بأسرع ما يمكن.

المؤلّفون كما نعرف ليسوا متّفقين بشأن كيفيات ظهور النظام التقني الجديد. نكتفي إذن ببعض اللمسات الخفيفة، المصحوبة بالكثير من علامات الاستفهام.

سنختار ثلاث ظواهر كبرى. أوّلها دون شكّ الأزمة الكبيرة في أنظمة الاقتصاد الغربية في السنوات 1929-1931، وكم من التفسيرات قدّمت بشأنها، متنوّعة، متناقضة، ولا ندّعي هنا أنّنا بصدد تقديم تفسير جديد لها. لنذكر أوّلاً ما كتبه التشيكي ريكتا Richta: «إنّ العديد

من علماء الاقتصاد الماركسيين يفترضون أنّ حجم وعمق أزمة الثلاثينات ليسا غريبين عن بوادر الثورة العلمية والتقنية التي أخذت حينئذ النظام الرأسمالي على حين غرّة». هذا يعني قبل كلّ شيء التسليم بوجود مفهوم «ثورة علمية وتقنية» قد يرفضه البعض كما رُفض مفهوم «الثورة الصناعية» بالنسبة لنهاية القرن الثامن عشر. إذا سلّمنا بالطرح، ومن الصعب الإنكار أنّنا اليوم في مواجهة نظام تقني جديد في طور الوضع، تظهر لنا حقيقة فارضة نفسها. إنّ الأزمة الكبيرة في الثلاثينات قد تكون عائدة، جزئياً على الأقلّ، إلى تشبّع النظام التقني السابق. ولا شك في أنّ غالبريث Galbraith لم يبتعد عن هذه الفكرة أثناء تحليله «الوضع الصناعي الجديد» وأزمة سنة 1929.

يمكننا في الواقع الافتراض أنّه تجاه طلب كان قوياً جدّاً بين نهاية الحرب العالمية الأولى وانهيار وول ستريت Wall Street المالي في تشرين الثاني 1929، لم تكن التقنية قادرة، كمّيات وتكاليف في الوقت نفسه، على تلبية هذا النموّ الحيوي جدّاً. من واحد وثلاثين مليون طنّ من إنتاج الفولاذ سنة 1913، انتقل الإنتاج الأمريكي إلى أكثر من سبعة وخمسين مليوناً سنة 1929، أي الضعف تقريباً، وهذا دون تغيّر تقني أساسي. إنّ قفزة كهذه لا بدّ أن تحدث عدداً من الإضطرابات. والأمر لا يقتصر من جهة أخرى على الصناعة الحديدية: يمكننا أن نجد نسباً مشابهة في عدد كبير من الصناعات. وهذا رغم تحقّق بعض التطوّرات التقنية بين السنتين 1914 و1939: طريقة التصفيح المتواصل على الساخن (1924)، ثمّ على البارد، طريقة أوجين ـ بيرّان Ugine - Perrin للتنقية (1933)، وهي سريعة وكاملة في الوقت نفسه. كذلك فإنّ سعة الأجهزة استمرّت بالتزايد ونحو سنة 1940 كانت أكبر المصاهر العالية تستطيع إنتاج من 1000 إلى 1200 طنّ كلّ 24 ساعة، بينما بلغت سعة أفران مارتان Martin 30 طناً ووصلت حتّى 100 طنّ في الولايات المتّحدة، وبلغت سعة أفران التقطير توماس من 20 إلى 40 طنّاً، والأفران الكهربائية من 15 إلى 25 طنّاً.

ما من أحد ينكر أنّه في الفترة الواقعة ما بين الحربين كانت بعض التطوّرات التقنية في طور التحضير. وإذا كان النيلون، كما الطائرة النفّاثة والبنسلين، قد رأى النور بين السنتين 1930 و 1940، فإنّنا نعرف أنّ دخول هذه الإختراعات في الإقتصاد يعود إلى فترة الحرب أو ما بعد الحرب. بالإضافة إلى أنّ الأزمة أدّت طبعاً، منذ ما قبل 1940، إلى أبحاث في بعض القطاعات. وعشية الحرب بالضبط كان بعض هذه الاختراعات قد وصل إلى الطور الصناعي.

الظاهرة الثانية هي بكل تأكيد الحرب نفسها. هنا أيضاً تنقصنا الأبحاث، وما نملكه حول الموضوع هو عبارة عن انطباعات عامّة، وحتّى أشياء مؤكّدة ولكن دون تفاصيل، دون

أدلّة. إنّ ما نحتاجه بالضبط هو معرفة وضع البحث التقني خلال السنوات العشر التي سبقت المعارك وتاريخ للأبحاث التقنية خلال الحرب وهكذا قياس التأثير الذي أحدثته على بعض الأبحاث. بالطبع كلّنا نعرف الصواريخ ومحرّكات الطائرات النفّاثة، كما أنّ واينر Wiener عرض الأبحاث التي طُلِبت منه والتي أدّت إلى علم التوجيه (السيبرنيتيكا)، ولكن هناك الكثير ممّا يجب أيضاً إيجاده. لقد أشرنا في فصل سابق إلى أنّ الحرب العالمية الأولى لم تحدث تحوّلاً تقنياً كبيراً، لكنّ الأمر ليس كذلك بالنسبة للحرب الثانية. وليس من السهل تفسير هذا الفارق المهمّ بينهما.

سنحاول أن نعطي صورة تفسيرية ولكن لا تملك أيّ صفة مطلقة. سنة 1914، كان النظام التقني ما يزال يملك مؤهّلات تخوّله التقدّم وأغلب الظنّ أنّ التطوّرات جرت في هذا الإتّجاه. الأمر لم يكن كذلك سنة 1940، حيث أنّ أزمة 1929، كما رأينا للتوّ، كانت قد افتتحت تحوّلاً في النظام التقني. كما تطلّب توسّع الصراع، الذي جرى تقريباً على كامل النصف الشمالي للكرة الأرضية، وسائل أكبر بكثير من الوسائل التي اعتمدت أثناء الحرب العالمية الأولى. من حرب كانت أوروبية بشكل أساسي، انتقلنا إلى حرب عالمية بالمعنى الحقيقي مع كلّ ما استلزمته المسافات الهائلة والمناخات المختلفة. وبالطبع لا داعي هنا لأن نركز على ما طال تقنيات التسلّح.

الظاهرة الثالثة هي دون ريب الازدياد الهائل في الطلب. في الولايات المتّحدة، كان التزايد السنوي للإنتاج الفردي: 1,3 % من 1913 حتّى 1929؛ 1,6 % من 1929 حتّى 1950؛ 2 % من 1950 حتّى 1965 ؛ 3,2% من 1965 حتّى 1970.

الأرقام القصوى هي من 0,8 إلى 2,4 % بالنسبة لإنكلترا، من 0,9 إلى 3,8% بالنسبة لفرنسا، ومن 0,5 إلى 5,9 بالنسبة لألمانيا. في ما يتعلّق بإنتاج الفولاذ في الولايات المتحدة كنّا قد بقينا عند سبعة وخمسين مليون طنّ سنة 1929 وأصبحنا عند أكثر من ثلاثة وتسعين مليون طنّ سنة 1974. في البلدان الأخرى، وفي مجالات أخرى نجد أرقاماً من نفس المستوى، تدلّنا عليها الأعمال الإحصائية. لقد رأينا، أكثر من مرّة، أنه تجاه طلب يتزايد بشكل كبير، كان الردّ الوحيد الانتقال من نظام تقني إلى نظام تقني مختلف. هنا يلعب طلب الاختراعات ملء دوره، أمّا العرض فيظهر أوّلاً مخزون الاختراعات الموجودة، ولكن غير المستعملة لأسباب عدّة، ثمّ يتطلّب إستثمارات كبيرة في مجال البحث النظري كما البحث التطبيقي.

في ما يتعدّى إنفجار الطلب هذا، تتدخّل المنافسة بين النظامين السياسيين العالميين، وقد أظهر كلاهما كفاءته في حلّ المشاكل التقنية التي تصادفه. إنّ المزاحمة التقنية، إن

على الصعيد الصناعي الصرف أو على صعيد النفوذ، ساهمت بالطبع في تطوّر بعض التقنيات، عدا عن التقنيات العسكرية حتماً.

هكذا نرى شبكة مرتّبة من الأسباب يمكننا أن نفسّر بها التحوّل التقني الذي نعيشه. أزمة تبرز عدم كفاية النظام التقني السابق، صراع على المستوى العالمي يتطلّب تحوّلات جذرية، وأخيراً طلب هائل يستلزم طرقاً جديدة في الإنتاج. هنا تدخل ظواهر أخرى في منطقية تشكّل النظام التقني الجديد. فهناك بالضرورة، حتمياً، فروق في سياق هذه التحوّلات: البعض يسير بشكل أسرع من غيره؛ وأكثر من هذا، قد ينتج عن بعض التحوّلات، بشكل غير مباشر نوعاً ما، اختفاء تقنيات أخرى. ونقدّم مثلاً عن هذه الحالة.

لقد كانت التقنيات التي تستعملها الكيمياء قائمة أساساً على الفحم. وقد انتقلنا في الواقع من كيمياء الاستخراج، وأهمّيتها آخذة في التناقص تدريجياً، إلى كيمياء التحويل، التي أعطت أنواع الحرير الاصطناعي والسلّولويد، ثمّ إلى الكيمياء الفحمية، المرتبطة بالاصطناع الكيميائي الذي يعود ظهوره إلى منتصف القرن الأخير. هذه الكيمياء كانت تعتمد على ثلاثة موارد أساسية: أ) كربنة الخشب التي تعطي الحمض الخلّي، الكحول الميتيلي، الخلّون (الأسيتون)، الفرمول...؛ ب) التخمير الكحولي الذي يعطي الكحول الإيتيلي؛ ج) كربنة الفحم الحجري وكانت وراء البنزين، النفتالين، الأنتراسين وبشكل عام وراء نسبة كبيرة من بنزينيات الخصائص.

بعد سنة 1918، عرفت كربنة الفحم الحجري انفتاحاً على المنتجات الدهنية بطريقة الحصول على الأسيتيلين انطلاقاً من كربور الكالسيوم. «الفحم هو إذن وراء تطوّر صناعة كيميائية يمكننا تمييزها بتصويرها صناعة للأسيتيلين ولبنزينيات الخصائص».

كانت هذه المجموعة التقنية مرتبطة بتقنيات أخرى: صناعة غاز المدينة انطلاقاً من الكوك، وصناعة الكوك المعدني. يوم حلّ الغاز الطبيعي مكان قسم كبير من غاز المدينة، ويوم حلّ الفيول (زيت الوقود) والأكسجين مكان قسم كبير من الكوك المعدني، ومتى أصبحت الكهرباء تأتي من البترول، ومتى لم تعد مكنة البخار موجودة نوعاً ما، لم يعد هناك من وجود لموارد الكيمياء. واختلّ التوازن الذي كان يقوم عليه اقتصاد الصناعة الكيميائية. وفي نفس الفترة، كما أشرنا، كان الطلب على المنتجات الأساسية شيئاً جديداً كلّياً. «عن عدم التوافق هذا بين الحاجات والموارد التي يقدّمها الفحم نتج تحوّل القطاع الكبير نحو البتروكيمياء وكيمياء الغاز الطبيعي». ومن جهة أخرى كانت كيمياء البترول والغاز الطبيعي هذه تفتح الطريق أمام منتجات ومواد جديدة.

هذه الاستئنافات، أي هذا البحث عن ترابط جديد مع التقنيات الأخرى، هي عديدة

نسبياً وعبرها يمتدّ التطوّر التقني إلى النظام بأكلمه. بالمقابل هناك قطاعات تتراكم فيها التباطؤات وتتكاثر الحواجز. نذكر مثلاً العمارة، البناء حيث ما تزال التأخّرات عديدة، بالرغم من تطوّرات أكيدة.

التحليلات هي غير كافية. بطرحنا المسألة بشكل عام، يمكننا أن نأمل بفتح الطريق أمام أبحاث عديدة ستساعدنا على فهم أفضل لماض قريب وربّما على توقّع مستقبل عاجل.

التحوّلات التقنية الكبيرة

كلّ العالم، أو تقريباً، يوافق على التفكير بأنّنا ندخل عصراً تقنياً جديداً ويتكلّم البعض عن ثورة تقنية ثانية أو ثالثة. بصورة عامّة، نميّز هذه الثورة بواسطة التحوّلات التي جرت في عدد معيّن من قطاعات التقنية: الطاقة النووية، الثورة الإلكترونية، المواد الجديدة.

إذا تفحّصنا بالتفصيل مستوجبات هذه التقنيات الجديدة نلحظ بالفعل أنّها قلبت العالم المادّي: هذا العالم لم يعد كما كان عليه، لنقل قبل الأزمة الكبيرة سنة 1929.

هناك بالفعل خلق نظام تقني جديد يملك العناصر المهمّة التي أخذت مكانها ووجدت الترابط، الضروري لكلّ نظام. وسوف نرى أنّ هذا الترابط بين مختلف التقنيات يفرض نفسه بطريقة ملزمة، وأكثر ما يمكن ملاحظة الأمر مع التقنيات المتقدّمة.

إلاّ أنّه لا يمكن إنكار أمر لاحظناه في كلّ من الأنظمة التقنية السابقة وهو وجود تأخّرات وفروق تؤدّي إلى اختلالات في التوازن لا بدّ منها، إلى اعوجاجات تُفسَّر على الصعيد التقني المحض كما بالنسبة للأنظمة الأخرى. المهمّ أن نعرف، ليس ما إذا كانت القطاعات المطلوبة ستتابع تطوّرها (وهذا ما يجري دوماً في مجال التوقّع التكنولوجي) وتترك القطاعات الأخرى وراءها، ولكن ما إذا كنّا سنتوصّل إلى تصحيح الإختلالات وتقويم الإعوجاجات لأنّه هنا تكمن النقطة الأهمّ من التطوّر.

سنرى أن البحث التكنولوجي لا يمكن بعد ذلك أن يكون سوى فعل البلدان الغنية، أي ذا بعد معيّن. لقد خُلقت إذن «هوّة تكنولوجية» بين هذه البلدان والبلدان الأخرى، على درجات متفاوتة من العمق تبعاً لمدى تطوّر هذه الأخيرة، أي هوّة قابلة للاجتياز بالنسبة للبلدان المصنّعة، وجسيمة غالباً بالنسبة لبلدان العالم الثالث.

حتّى في داخل النظام التقني في بلد متقدّم يحدث مثل هذه الإختلالات. الزراعة مثلاً تبعت التطوّر التقني ولكن على إيقاع أبطأ بكثير. الشيء نفسه بالنسبة لتقنيات البناء حيث تبدو ورشات العمل بمظهر متخلّف جدّاً، بالتالي مع يد عاملة كثيرة العدد. بالمقابل ينتج عن التقدّم السريع للتطوّر التقني في بعض القطاعات تحوّل في البنية المهنية للموظّفين، لا بل للأنظمة الاجتماعية بمجملها: هكذا مثلاً بالنسبة للتآلي (الإشتغال الآلي)، رغم أنّه ما

يزال بطيئاً وأقلّ انتشاراً ممّا يصف البعض. وماذا يسعنا أن نقول عن ازدحام السير في المدن، عن الطرقات التي تمتلأ بمجرد فتحها، عن الإعاقات. ويمكننا بالطبع زيادة الأمثلة.

الآن ندرك بصورة أفضل، بعد الأبحاث التي جرت في بلدان مختلفة، تأثير التطوّر التقني، أي العبور من نظام تقني إلى آخر، على البنيات والأنظمة الاقتصادية. ولكن هنا أيضاً التحوّلات طويلة وغالباً غير كاملة، والتكيّفات بالتالي صعبة التحقيق.

هناك أيضاً الكثير من الأمور بانتظار البحث. إنّ محاولات لويس مامفورد Lewis Mumford والبلجيكي هنري جان Henri Janne لا تقدّم لنا بعد سوى جداول مهمّة بالطبع، ولكن غير قادرة على إعطائنا عناصر تحليل عميق ومنهجي. ويتعيّن أن يبدأ هذا التحليل بدراسة التحوّلات التقنية، محاولين أن نستخلص لكلّ منها نقاط تداخلها مع الأنظمة الأخرى. فقط بعد هذا التقويم التقني يمكننا أن نتناول نتائج التغيّرات على النظام الكلّي.

الطاقة

إنّ الأحداث البترولية التي جرت في نهاية سنة 1973 أبرزت للعامّة أهمّية مشاكل الطاقة والصعوبات في إيجاد حلّ لها. وقد قلنا المشاكل بالجمع لأنّها عديدة ومتنوّعة من حيث طبيعتها. مسألة الكمّيات هي بالطبع الأولى التي جذبت أنظار العامّة، وهي نفسها تتمثّل بأشكال عديدة. خلال تشرين الأوّل 1973 ظهرت فجأة أهمّية التكاليف، أسعار المبيع وكلّ انعكاسات هذه التكاليف في كلّ أنظمة الاقتصاد القائمة بشكل عام على تقنيات بترولية القاعدة. ولكن في نفس الوقت وبفضل قوانين اقتصادية معروفة جيّداً، شجّع إرتفاع الأسعار هذا مصادر طاقة أخرى لأن تدخل ميدان المنافسة، كالفحم، والطبقات تحت البحرية، أيضاً من حيث إنّ التقنيات الجديدة كانت تلتحق بالظاهرة الاقتصادية البحتة. النقطة الثانية هي ذات طابع سياسي: كان البترول يضع مجموعة من البلدان المتقدّمة تحت رحمة القرارات الأجنبية: على ما يبدو أنّ الإستقلال الوطني كان يمرّ عبر إستقلالية طاقية. أمّا الناحية الأخيرة من المسألة فقد أشير إليها قبل الأزمة، ففي الواقع أظهر بعض الأشخاص أنّ الموارد الطاقية التقليدية تنزع إلى الاستنفاد وأنّ العالم بالتالي يسير بسرعة نحو نقص في الطاقة على درجات متفاوتة من الحدّة.

بالطبع لم يتمّ التركيز على النواحي النوعية لهذه المشاكل الطاقية. ليس هناك مشكلة شاملة للطاقة، بل مشاكل عديدة. هناك أوّلاً، وهذا ينطبق على كلّ أنواع الطاقة، التوفّر وبالتالي نقل الطاقة وكذلك تخزينها. وهذا ما أعطى النجاح للبترول حيث إنّه يخزّن بسهولة

وينقل بسهولة بفضل خطوط الأنابيب. كان هذا أيضاً نجاح تلك الطاقة التي يمكننا تسميتها بالوسيطة وهي الكهرباء، باستثناء التخزين ويبدو هنا مستحيلاً.

أمّا طرق استعمال الطاقة فهي مهمّة كثيراً. يمكن استعمال الطاقة كطاقة حرارية تُستخدم على الفور: هكذا مثلاً بالنسبة للوقود الضروري للمصهر العالي، كما بالنسبة لكلّ الصناعات التي تستهلك الحرارة (صناعة القرميد كما صناعة الخبز)، وهكذا أيضاً بالنسبة للتدفئة الفردية التي تمثّل قسماً كبيراً جدّاً من استهلاك الطاقة العام. نشير إلى أنّ الكهرباء تُستخدم بشكل غير مباشر لنفس الاستعمالات، وهناك من جهة أخرى الاستعمالات الآلية ولا حاجة للوقوف مطوّلاً عندها، على الأقلّ بالنسبة لأهمّيتها الكميّة.

بالإمكان تحويل مصدر للطاقة مباشرة إلى قوّة آلية: حالة الطاقة المائية وهذا منذ فترة بعيدة؛ في معظم الحالات الأخرى، هناك مرور عبر الطاقة الحرارية. في هذا إشارة إلى الدور الأساسي لمحوّلات الطاقة ولكلّ منها ميزاته الخاصّة، وتزوّده بمصدر الطاقة، ولكن لكلّ منها أيضاً استعمالاته الخاصّة. هناك الطاقة الضرورية للإنتاج الصناعي، والطاقة الضرورية للمواصلات وفي هذه الحالة يجب أيضاً أن نميّز سكّة الحديد عن السفينة، السفينة التقليدية عن السفينة التي تتطلّب استقلالية كبيرة في المسافة وفي الوقت، والصواريخ التي تحتاج إلى عمليات احتراق خاصّة لأنّ غياب الهواء يلغي محرّكات الاحتراق التقليدية.

سنحاول أن نوزّع مشاكل الطاقة إلى مجموعتين أساسيتين:

أ) مشكلة مصادر الطاقة، أي إتقان التقنيات المستعملة في مصادر الطاقة التقليدية ومن جهة أخرى المصادر أو الأشكال الجديدة للطاقة. ب) مشكلة محوّلات الطاقة، أي ليس المحرّكات وحسب، بل أيضاً تقنيات استعمال الطاقة الحرارية أو الكيميائية.

الإنتاج

أوّل طاقة استعملت كانت كما رأينا الطاقة المائية، وقد انحصر دورها نوعاً ما في إنتاج الكهرباء. هنا الجهد انصبّ بشكل خاص على التقنيات المجاورة، لاسيّما تقنيات وضع وبناء السدود والأقنية المفروضة، وأيضاً على تحسين محوّلات الطاقة، التربينات والمحرّكات الكهربائية. هناك بالطبع إنجازات خارقة ولكن يمكن إعتبار هذه التقنيات مشبعة تقريباً وأنّه لا يمكن المضي أكثر بها. المشاكل هي مشاكل تمويل وتنظيم للمدى الجغرافي.

بالنسبة لاستعمال طاقة المدّ فهو معروف منذ وقت طويل لأنّ أُولى طواحين المدّ ذكرت منذ القرن الثالث عشر، وقد جذبت هذه الطاقة إهتمام التقنيين. منذ سنة 1737 كان

المهندس الفرنسي بيليدور Belidor قد وضع مشروعاً أوّل صناعياً، كما قام الإنكليز والأمريكان بأعمال ما بين الحربين العالميتين. فقط بعد الحرب الثانية ولد ونُفِّذ مشروع مصنع يستعمل قوّة المدّ المحرّكة في منطقة رانس Rance في فرنسا. أمّا التقنيات المعتمدة فهي قريبة من تقنيات سدود الأنهار والمشاكل الأساسية هي نفسها.

منذ نهاية القرن الثامن عشر كان الفحم قد أصبح مصدر الطاقة الرئيسي. في هذا المجال عرفت طرق الاستخراج والنقل إلى السطح تغيّراً كبيراً، بدءاً من السنوات 1930 وخاصّة بعد سنة 1944. هذه التقنيات يحدّدها طبعاً شكل وانحدار وقوّة الطبقات. وقد تطوّرت الطرق الآلية كثيراً بالنسبة للطبقات ذات انحدار أقلّ من 45°. حلّت المطرقة الهوائية مكان المنكش: بعد ذلك فسحت المجال أمام شقّاقات الصخور والمكاشط. نحفر في الطبقة سردابين متوازيين، يبتعدان حوالي 200 متر، يسمحان بوصول العمّال، بتفريغ الفحم وبالتهوية. تتقدّم شقّاقة الصخور على مهل من سرداب لآخر، على طول الواجهة المحفورة، وتغرز هذه الآلة القويّة في الفحم مجموعة من المناكش وتقتلع سطح الطبقة بعمق يبلغ حوالي سبعين سنتيمتراً، بعد ذلك تُحرّك مسافة تساوي عرضها وتعود بالإتجاه المعاكس حتّى الاستنفاد. ولتجنّب الانهيارات نستعمل الدعامات المتنقّلة حيث ترتبط الرافعات بالشقّاقة. أمّا بالنسبة للفحم اللّين فنستعمل المكشطة وهي آلة أصغر حجماً تجرها سلسلة طويلة على طول الواجهة المحفورة. لتفريغ الفحم حلّت الشرائط النقّالة بدلاً من الخطوط الحديدية. كلّ هذه التقنيات الجديدة أدّت إلى مردود أكبر بكثير ممّا كان يُسجّل قبل سنة 1940.

هنا أيضاً قد نكون بصدد تقنيات وصلت إلى درجة الإشباع. فالمكان الذي يشغله تخزين هذا النوع من الوقود، وصعوبات وكلفة نقله تفرض عليه بشكل عام أن يُستعمل في مكان استخراجه، إمّا لكي يُحرق ويتحوّل إلى كهرباء، إمّا لإعطاء المادّة الأوّلية لصناعة كيميائية.

عند نهاية القرن التاسع عشر أخذ البترول المرتبة الأولى في استهلاك الطاقة العام وما تزال نسبته آخذة في الازدياد. لقد تقدّمت بصورة خاصّة تقنيات التنقيب، والحفر، وتجدّدت بصورة كاملة أحياناً. افتتح التسجيل الزلزالي المتواصل سنة 1956، وتسجيل الجاذبية سنة 1957، وقد سمحت عمليات الرفع المغنطيسية، الجاذبية والزلزالية المنهجية بزيادة الاحتياط بشكل كبير. وإذا كانت أدوات الحفر بقيت على حالها فإنّ نوعية المواد المستعملة وتآلي التجهيزات الميكانيكية أدّيا إلى مردود أعلى بكثير.

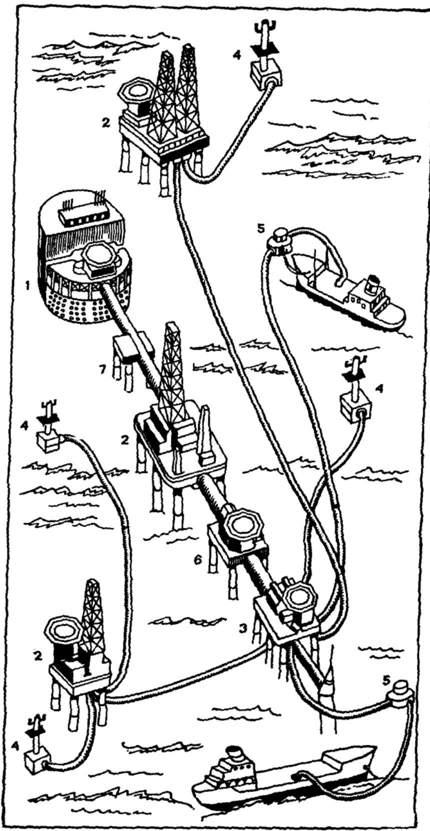
التقنية الجديدة الأهمّ هي تقنية حفر واستثمار الطبقات الموجودة في البحر. أولى

المحاولات كانت قد بدأت خجولة منذ سنة 1880 على ساحل كاليفورنيا حيث أقيمت بعض الدرّيكات (الهياكل المعدنية) فوق حواجز في الماء تدعى مآصر من أجل البحث عن الإمتدادات تحت البحرية للطبقات البرّية. سنة 1930 أقيمت منشآت ثابتة في البحيرات الشاطئية في فنزويلا وبالقرب من سواحل لويزيانا في الولايات المتحدة. سنة 1938 جرى الحفر على عمق خمسة أمتار تحت الماء، وسنة 1939 تتابعت محاولات شبيهة على شواطىء بحر قزوين.

أمّا التجديد الأكبر فيكمن في استثمار الطبقات بعيداً عن الشواطىء وفي عمق المياه. سنة 1947 بدأت المسطحة الفولاذية الأولى عملها على بعد 30 كلم عن الشاطىء وعمق 17 م تحت الماء. أمّا عمال أوّل سفينة للحفر فقد بدأت سنة 1951. حتّى سنة 1960 كانت تطوّرات هذه التقنية سريعة، ولكنّها أصبحت مذهلة انطلاقاً من سنة 1970. سنة 1968، اكتشفت السفينة الأمريكية «غلومار شالانجر Glomar Challenger» إشارات إلى وجود بترول في خليج المكسيك على عمق 3580 م تحت الماء. أُولى المسطحات التي ترتفع بذاتها ظهرت سنة 1953، ونصف ـ الغوّاصة ظهرت سنة 1962، وبعد سنة 1971 تحرّرنا من أي نظام للإرساء. أصبح الركن العائم يبقى فوق البئر الذي يُحفر بواسطة مراوح عرضانية تستقبل أوامر حاسب ألكتروني.

الأصعب بالتأكيد هو الإبقاء على هذه المسطحات في الطقس الرديء: من الذروة حتّى الأسفل، بلغ ارتفاع الموجة في الخليج الفارسي 7 أمتار. في إكوفيسك Ekofisk، الذي نعرض صورته، قد يصل ارتفاع الموجة حتّى 24 م، في فورلي Forlies حتّى 28 م، وفي برنت Brent حتّى 30 م، وكلّها طبقات تقع في بحر الشمال. إحدى هذه المسطحات وإسمها «سي كويست Sea Quest» وضعت عند الدرجة 60 من خطّ العرض الشمالي في عرض سواحل النروج، وهي على شكل مثلّث يبلغ طول ضلعه 105 م يعلوه درّيك على ارتفاع 45 م. تقف أقدامه على ثلاث عوّامات على شكل مكوّاة، طولها 30 م وعرضها 15، غاطسة 20 م تحت الماء، أمّا المسطحة فتعلو البحر على ارتفاع 35 م، ونضطرّ إلى وقف الحفر عندما تبلغ حركة المسطحة عامودياً علوّ مترين. وقد توصّلنا، كما في اكوفيسك إلى بناء مدن صغيرة عائمة (شكل 1). وتجري اليوم محاولات تقنية جديدة مثل خزّانات الباطون تحت البحرية.

إذن كلّ هذه التقنيات الجديدة تسمح باستثمار طبقات لم يكن بالإمكان الوصول إليها في ما مضى، إلاّ أنّ معظمها ليس مربحاً إلاّ من حين يرتفع ثمن البترول بشكل ملحوظ. اليوم يمكننا الحفر على عمق 800 م (أبحاث جرت في عرض سواحل تايلاند)، ولكن لا



شكل 1 ـ مجموعة إكوفيسك Ekofisk الصناعية. 1، مستودع تخزين 160000 م^3، 2، مسطحات الحفر الثلاث، 3، مسطحة المعالجة، 4، آبار في طور الاستثمار، 5، طوافتان للتحميل، 6، أبنية سكنية، 7، مسطحة للضخ. (عن رسم لِ فِ. فيران Ph. Ferran ورد في جريدة «لموند»).

يسعنا الاستثمار على أكثر من 150 أو 170 م تحت الماء. كانت هذه الطبقات البعيدة عن الشاطىء «Off Shore» تعطي سنة 1960، 9,8 % من الإنتاج العالمي، 14,7 % سنة 1970، ومن 16 إلى 17 % سنة 1975. في بداية سنة 1976، كان هناك 75 مسطحة تعمل، و 52 في طور البناء.

سنة 1973، آكتشف الميتان وبدأ استثماره في جنوب شرقي سهل البو Pô، في إميليا Emilie. سنة 1952 كان إنتاج الغاز الطبيعي في إيطاليا يمثّل خمس استهلاكها من الفحم. وأقيمت شبكة واسعة من أنابيب نقل الغاز من أجل توزيع هذه الطاقة في أنحاء البلاد: سنة 1971 وزّع 13 مليار م^3 من الغاز الطبيعي بواسطة شبكة يبلغ طولها حوالي 10000 كلم، وفي ذاك الوقت كان 5000 كلم في طور البناء. ثمّ جاءت اكتشافات لاك Lacq في فرنسا، غرونينغ Groningue في هولندا، روسيا والجزائر ووضعت في متناولنا ثروة طاقية جديدة. وإذا كانت أنابيب نقل الغاز استعارت تقنيتها من البترول، فقد استحدثت بالمقابل تقنيات التحويل إلى سائل ونقل غاز الميتان عبر البحر.

الآن أصبح الغاز الطبيعي، غاز المصاهر العالية، وغاز صناعة الكوك يوزّع بواسطة شبكات متطوّرة من أنابيب النقل. سنة 1946 كانت فرنسا تملك 546 مصنع غاز من النوع القديم تتفرّق بين شتّى المدن، لم يعد يوجد منها سوى 14 سنة 1963، وواحد سنة 1968 (مصنع بلفور Belfort): اليوم اختفت جميعها. نحن هنا إذن بصدد تغيّر جذري في التقنيات المعتمدة.

من مصادر الطاقة الأخرى، المعروفة منذ وقت طويل، شهد البعض تحسّناً في تقنياته والبعض الآخر ينتظر تقنيات جديدة. لقد اقترح الفرنسي جورج كلود Georges Claude فكرة إستعمال طاقة البحار الحرارية، الناتجة عن الفرق بين حرارة السطح وحرارة الأعماق. جرت محاولات في بحر الأنتيل Antilles حيث حرارة سطح الماء 30° مئوية وحرارتها على عمق 500 م تبلغ 7°. إلاّ أنّ هذا الفارق كان ضعيفاً نسبياً ومردود الآلة بالتالي جاء رديعاً، أقلّ من 10 %، من جهة أخرى دمّرت المنشآت وسط العاصفة. كما أنّ فكرة إقامة مصنع نموذجي بسعة 7000 كيلو واط، في أبيدجان، تُركت بسرعة. ضمن الوضع الحالي للتقنيات، لا يبدو أنّنا هنا بصدد مصدر طاقة حقيقي.

منذ وقت طويل فكّر الإنسان باستعمال الطاقة الشمسية. إنّ الصعوبة الكبرى تكمن في ضعف الدفق الطاقي، فعلى مستوى سطح البحر، يبلغ معدّله السنوي من 0,1 إلى 0,2 ك. و/م^2، ممّا يستلزم، من أجل تغذية تجهيز محرّك بشحنة 1000 ك. و مع مردود يبلغ % 30، مساحة لاقطة تبلغ هكتارين. لقد حاول فرن مونلوي Montlouis، في جبال البيرينيه

Pyrénées الفرنسية، أن يركّز هذه الطاقة على نقطة واحدة بفضل المرايا. من جهة أخرى استعمل التقاط الطاقة الشمسية كما سنرى في الأجهزة الفضائية الآلية. إنّ مردود خلايا السيليسيوم الشمسية التي تعطي الكهرباء على متن الأقمار الاصطناعية هو مردود ضعيف، حوالي 11 أو 12 %، كما أنّها باهظة الثمن، أمّا خلايا سلفور الكدميوم فمردودها أكبر بقليل، حوالي 15 % ولكنّها سريعة العطب. إنّ إتقان المضخّات الشمسية (الماء التي تسخن بواسطة الشمس تنقل حروراتها إلى مائع آخر، غاز البروبان مثلاً، يؤدّي إلى إدارة المحرّك)، وتحسين الخلايا الشمسية هما دون شك أفضل من تقنية المرايا التي تتطلّب جوّاً صافياً.

إنّ الذين كانوا في ما مضى يسلقون البيض على حمم مصهورة كانوا يستخدمون مذ ذاك الطاقة الحرارية الجوفية. ومنذ القرون الوسطى كان قسم من منازل منطقة شود ـ إيغ Chaudes - Aigues، في الكانتال Cantal، يتدفّأ بواسطة مياه كانت تخرج من الينابيع بدرجة حرارة 81 / 83°. في الواقع، أنّ طبقات البخار الجاف الطبيعية هي نادرة للغاية: نعرف منها خمساً في العالم، واحدة في إيطاليا، اثنتين في الولايات المتحدة، واثنتين في اليابان. أمّا طبقات المياه الحارّة فهي أكثر عدداً وعمقاً. الطبقة المستعملة في مولان Melun، في فرنسا، والتي نجدها تحت كامل الحوض الباريسي تقريباً، تقع على عمق 1800م. تقدّر مدّتها بثلاثين أو أربعين سنة ـ في الواقع تخفّ حرارة مستوى المياه درجة في السنة على مدى الاستعمال ـ وبالنسبة لِ 100 م^3 في الساعة، يمكن تدفئة 2000 مسكن. الصخور الحارّة والجافّة توجد في مناطق تتمتّع بمعال حراري قوي: إلاّ أنّ استثمارها يصادف الكثير من الصعوبات وقد يتسبّب بمخاطر زلزالية جسيمة. وبالرغم من برنامج تبلغ نفقاته 600 مليون دولار، لا نفكّر بأنّ نصيب هذه الطاقة في الولايات المتّحدة سيتجاوز 4 % من إنتاج الطاقة الكلّي. من جهة أخرى هي طاقة غير قابلة للخزن ولا للنقل.

كذلك تُستثمر الطبقات الحجرية النضيدية الزفتية منذ سنوات، وتجري اليوم محاولات لتحسين التقنيات لكن يبدو أنّ هذا القطاع سيبقى أبداً ضعيفاً.

ونذكر طريقة إحراق النفايات المنزلية المستخدمة في بعض أنظمة التدفئة المدينية. إذا كان تطوّر هذه التقنية حقيقياً منذ الحرب الثانية، بسبب ضعف سعر كلفة الوقود، فإنّ كلفة التجهيزات كبيرة وكذلك ضياع حرارة البخار المنقول في القنوات. ولا يبدو أنّ هذا المجال سيكون موضوع تطوّر تقني يوماً ما.

بالإجمال هذه المصادر الطاقية التي يمكننا تسميتها بالهامشية ليس بوسعها أن تكون أكثر من إعانة، ومؤقّتة بالنسبة لقسم كبير منها. يمكنها على الأكثر أن تؤمن البديل، على شرط تطوّرات تقنية ملحوظة، ريثما تظهر تقنيات جديدة.

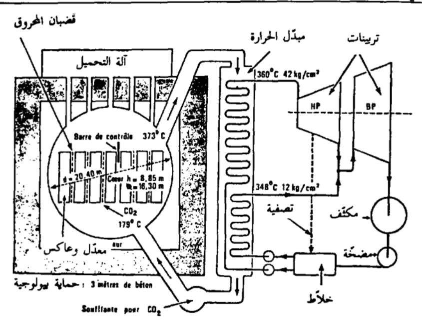
يبقى الأمل الكبير: الطاقة النووية. لقد رأينا أنّ الأبحاث التي تتابعت منذ قرن من الزمن أفضت إلى انشطار الذرّة وبالتالي إلى تحرير مصدر طاقة مهمّ. سنة 1938 اكتشف ثلاثة فيزيائيون ألمانيون هم هان Hahn، ستراسمان Strassmann وليز مايتنر Lise Meitner وفسّروا ظاهرة جديدة: انشطار نواة الأورانيوم. إذا كانت أولى القنابل النووية قد تركت فجأة الطاقة الناتجة عن الانشطار، فقد كان يجب، من أجل استعمال عملي وسلمي، إحداث تفاعلات مسلسلة والتخفيف من سرعة العملية. بين السنتين 1944 و 1955، توصّلنا إلى تقديم أنواع عديدة من المفاعلات القابلة للاستعمال. لأسباب عسكرية كانت تتطلّب إنتاج البلوتونيوم إتجه الفرنسيون نحو السياق غرافيت ـ غاز: مفاعلات أورانيوم طبيعي، خُفّفت سرعتها بواسطة الغرافيت وبُرّدت بغاز الكربون، وُضعت في بداية الخمسينات. لكنّ الإخفاقات المتتالية لهذه المراكز أدّت إلى ترك هذه التقنية عند منتصف العام 1968. أمّا الأمريكيون فقد تصوّروا سياقين، يحرق كلّ منهما الأورانيوم الغني بالمركّبات. هنا تلعب الماء دور المعدّل والمائع المشيع: حيث تسمح بحدوث التفاعل المسلسل وتفرّغ الحرورات التي تنبثق عن انشطار المحروق(شكل 2). يوجد مراكز بماء مكيّفة الضغط (P.W.R أو P) حيث تُنتج الماء على درجة عالية ولكن يُمنع غليانها بإبقائها تحت الضغط (شكل 3)، وأيضاً مراكز بماء مغليّة (B.W.R أو B، شكل 4). في النوع الأوّل من الضرورة إقامة محرارة (مبدّل للحرارة): نرفع الماء الأولى إلى حرارة عالية عبر مرورها «بقلب» المفاعل، وتنقل حرارتها إلى ماء ثانية تتحوّل إلى بخار يُستخدم في التربينات. لكلّ من هذين السياقين حسناته وسيّئاته (كلفة التجهيزات، مخاطر تسرّب الإشعاع، إلخ). أمّا من حيث القوّة فهما متقاربان جدّاً: من 1000 إلى 1200 ميغا واط.

إنّ امتداد الطاقة النووية يلتقي بصعوبات على الصعيد التقني أو الاقتصادي. أوّلاً من الضروري الحصول على موارد المحروق: وهنا تعود مسألة الاستقلالية الطاقية، فطبقات الأورانيوم ليست موزّعة بشكل أفضل من توزيع طبقات البترول الكبيرة. بعد ذلك يجب إنشاء مصانع الإغناء: هنا نصادف في آن واحد مشاكل تقنية ـ يوجد العديد من تقنيات الإغناء ـ وصعوبات استثمار بالنسبة للبلدان ذات القوّة الاقتصادية المتوسّطة، لا سيّما في أوروبا حيث الإتجاه نحو التقنية الفرنسية أو التقنية الإنكليزية. بانتظار ذلك، هناك شبه سيطرة من قبل الولايات المتّحدة.

تعميم المراكز ليس شيئاً سهلاً، حيث يوجد مشاكل داخلية خاصّة. إنّ مردود المراكز النووية هو أصغر من مردود المراكز الحرارية، ولكن يبدو أنّ سعر الكيلو واط

(ك. و. س) في المراكز النووية قد أصبح منافساً لسعره في المراكز الحرارية. في حزيران 1974، قدّر سعر كلفة الـ ك. و. س النووي بـ 4,5 سنتيم مقابل 8 أو 8,5 للـ ك. و. س الحراري ولكن كلفة الاستثمارات كانت مرتفعة في المحطّات النووية بنسبة 50 إلى 60 % أكثر منها في المحطّات الحرارية. كما يبدو أنّ تمويل برنامج لاستبدال القسم الأكبر من المحطّات الحرارية بمحطّات نووية هو باهظ للغاية ويجب أن يمتدّ على سنوات عديدة، إلاّ في حال ظهور تطوّرات تقنية جوهرية. وإقامة المحطّات النووية يجب أن تتمّ بكلّ دقّة، حيث يلزم كمّية كبيرة من الماء ولهذا يُدرس مشروع إنشاء محطّات في البحر. عدا عن ما يُسمّى «الخوف النووي» الذي سنعود إليه لاحقاً، هناك تخوّفات من التلوّث. تلوّث حراري أوّلاً، حيث يذهب ثلثا الطاقة الناتجة على شكل حرارة، في الماء وفي الهواء. وتتطلّب محطّة بقوّة 1000 ميغا واط أخذ 40 م^3 في الثانية وتسخّنها 10 درجات مئوية. مع توقّعات من هذا النوع حسب أنّ حرارة نهر الراين Rhin ترتفع 3 درجات، حرارة الرون Rhône 5 درجات وحرارة اللوار 7 درجات. أمّا التلوّث الكيميائي فيعود إلى انبعاث منتجات ضارّة في الجوّ وفي مجاري المياه. أخيراً هناك مخاطر تلوّث إشعاعي يتعلّق بصدور عناصر إشعاعية، دون أن ننسى أيضاً خطر النفايات.

لم ينته التطوّر التقني بعد في هذا المجال، وربّما ستجري أكثر التغيّرات في ما يتعلّق بطبيعة المحروقات. لقد بدأت الدراسات بما نسمّيه المجدّدات الخارقة، وفيها تنتج الحرارة عن انشطار ذرّات البلوتونيوم وليس الأورانيوم 235. وفي هذا تقدّم وفائدة كبيرة لأنّ البلوتونيوم كلّما احترق يتشكّل بلوتونيوم جديد، أي أنّ المحطّة تنتج وقوداً أكثر ممّا تحرق. كما أنّ كمّية الحرارة المنبعثة لكلّ وحدة حجم هي أكبر بكثير منها في المفاعلات الحالية ويتمّ تبريد جوف أو قلب المفاعل بالصوديوم السائل. وحده الإتحاد السوفياتي أنتج طاقة بواسطة مفاعل وضع على طريقة المحطّات المجدّدة الخارقة. الأمريكيون اعتقدوا أنّ هذه التقنيات الجديدة خطرة نظراً لكون الصوديوم مادّة مؤذية جدّاً. هكذا فإنّ بناء أوّل محطّة أمريكية من هذا النوع، في أوك ـ ريدج Oak - Ridge (في ولاية تينيسي Tennessee)، قد توقّف في منتصف العام 1973 بناء على قرار قضائي. في فرنسا ألحقت المحطّة المجدّدة الخارقة فينيكس Phénix، في منطقة ماركول Marcoule، بالشبكة القائمة في كانون الأوّل 1973، حيث اعتقد في الواقع أنّ البلوتونيوم الذي تنتجه محطّات أورانيوم غني بالمركّبات بإمكانه أن يغذّي محطّات من هذا النوع الجديد؛ وبأيّ حال ليست المحطّة أكثر من محطّة للتجربة والبرهان بقوّة محدودة (250 ميغا واط). الإنكليز سيتبعون الطريق قريباً، في إسكتلندا.



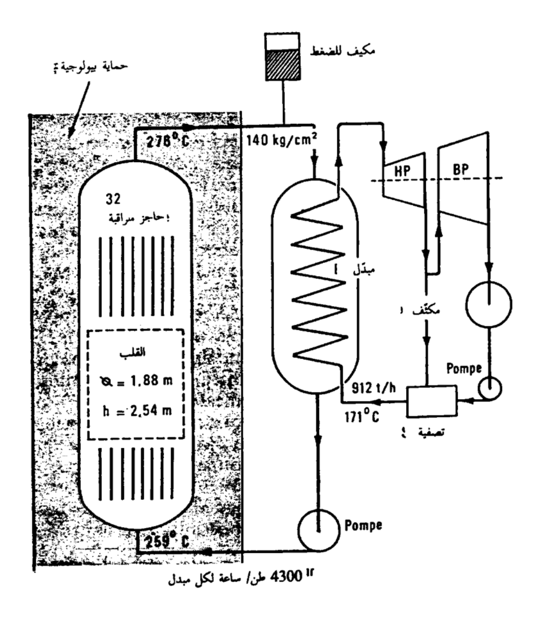
شكل 2 ـ تصميم مركز الأورانيوم الطبيعي هينكلي بوينت Hinkley Point.

(عن ج. بارين G. Parreins، «Les Centrales nucléaires»، باريس، 1967).

هناك تقنية أخرى تتقدّم ببطء وهي استعمال الهيدروجين. إن التوصّل إلى التحكّم بتفاعلات الإتحاد بين الذرّات هو حلم كلّ الفيزيائيّين منذ القنبلة الهيدروجينية الأولى سنة 1953. وفكرة استعمال الهيدروجين ليست جديدة فقد كان غاز المدينة في ما مضى يحتوي على 50 %من الهيدروجين كما يعود أوّل محرّك هيدروجين إلى سنة 1927. والهيدروجين هو العنصر الأكثر انتشاراً في الطبيعة حيث يمكن صنعه انطلاقاً من الماء. احتراقه في الهواء لا يعطي سوى الماء، والقليل جدّاً من أوكسيد النيتروجين. كما بالإمكان نقله وتخزينه مثل الغاز الطبيعي: وفي الولايات المتّحدة تقنيات متطوّرة لإسالة وتخزين الهيدروجين. حالياً ننتج الهيدروجين عن طريق تقطير الفحم الحجري، وهو إنتاج محدود بالضرورة، وعن طريق الحلّ الكهربائي وهي طريقة تتطلّب كمّيات كبيرة من الكهرباء، مكلفة، ومتوسّطة المردود: حوالي 60 %. الطريقة الأسهل هي في الحصول على انفصام جزيئة الماء، وهو لا يتمّ إلاّ تحت حرارة 2500 مئوية. والمعروف أنّ المراكز النووية الأكثر تطوّراً، مفاعلات الغاز ذات الحرارة العالية، لا تصل إلى أكثر من 800. تُدرس حالياً طرق كيميائية حرارية، ولكن ما تزال هذه التقنية أبعد من أن نتمكّن منها.

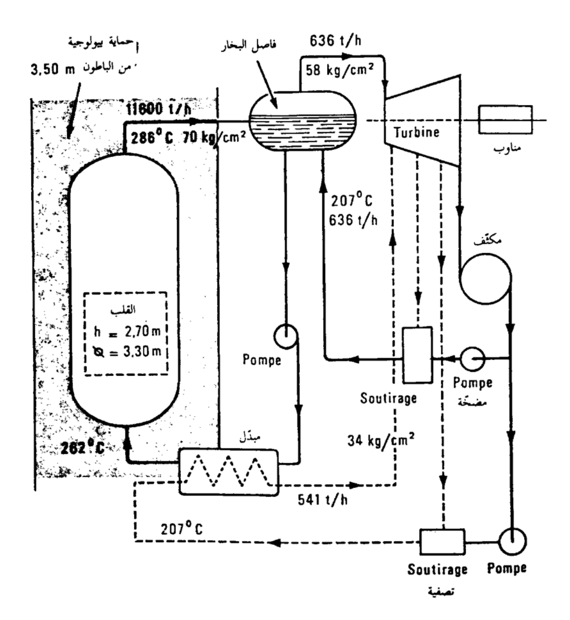
إذن كان البحث ثابتاً، في ميادين تتزايد دقّة. اليابانيون مثلاً فتحوا اعتمادات كثيرة لأبحاث تهدف لوضع نظام صناعة حديدية يحلّ مكان المصاهر العالية التقليدية التي تستخدم كوك الفحم معتمداً على مفاعلات نووية. وتجدر الملاحظة إلى تطوّرات جرت في هذا الميدان: نأمل قريباً إنتاج الفولاذ مباشرة في المصهر العالي مع الفيول

شكل 3 - تصميم محطة يانكي Yankee (P.W.R). الحماية البيولوجية خارج التجويف تجد 1,20 م من الماء و 3 م من الباطون. أبعاد التجويف، القطر 2,80 م، الإرتفاع 9,60 م، السماكة 2,16 م. تحتوي كرة الحماية على المفاعل والمبدل، يبلغ قطرها 38 م ووزنها 800 طن.
(عن ج. بازين G. Parreins).



شكل 4 ـ تصميم محطة درسدن Dresden (B.W.R). أبعاد الحوض، القطر 3,70 م، الإرتفاع 12,20 م، السماكة 1,40 م. يبلغ قطر كرة الحماية 58 م، ويوجد مركزها على علو 17 م عن الأرض، وتبلغ سماكتها 35 ملم.

(عن ج. بازين G. Parreins)



والأوكسيجين. في إنكلترا، نجح مفاعل دراغون Dragon، وهو مفاعل عالي الحرارة، وعلى فترات تجريبية طويلة، في إعطاء مائعه المبرّد، أي الهليوم، حرارات تصل إلى 1400 و 1500 درجة. وما زالت الطريق طويلة كي نصل إلى التحوّل الكامل.

في الواقع، لم ندخل بعد في العصر الذرّي بشكل عام. يوجد إنجازات واعدة ـ مثل تصغير المفاعلات الذرّية ممّا يساعد على نقلها ـ لكن ما يزال أمامنا الكثير.

ننهي كلامنا حول هذا الموضوع بتقنية من نوع خاص. إنّ معظم محرّكاتنا الحالية تعمل مستخدمة الهواء كمحرق، لكنّنا نعرف أنّ محرّكات الصواريخ الفضائية لا نحصل على الهواء، عليها إذن أن تحمل معها المحرِق اللازم. نوع الوقود الجديد يظهر إذن تحت شكل مصدر طاقة كيميائية حرارية تنتج إمّا عن فعل محلّل على مؤكسِد، إمّا عن التجزئة الحفّازة لجسم معيّن. هذا النوع من الطاقة يُسَمّى بالطاقة الدافعة، وعندما يكون اثنان من مركّباتها مخزّنين في خزّانين منفصلين فهذا يعني أنّهما سائلان (مثلاً حمض النتريك والكيروسين). أمّا إذا كانا جامدين فنضعهما في خزّان واحد: هكذا مثلاً بالنسبة لأوكسيد الإيتيلين والنيتروميتان. بفضل اكتشافات الكيمياء الحديثة هذه توصّلنا إلى المحروق الذي لولاه لما وطأت الصواريخ سطح القمر.

بالطبع تندرج كلّ هذه التعديلات في الإحصاءات، التي تكشف عن التغييرات الحاصلة (بالنسب المئوية من الطاقة المستهلكة في العالم):

	1900	1938	1958	1966	1975
فحم حجري....	92	64,2	44,7	37,6	31,7
لينيت....	3,9	6,7	7,6	5,8	31,7
بترول....	3,5	18,6	28,7	33,6	44,7
غاز....	1,2	5,2	12,7	17,1	20,9
كهرباء....	0,4	5,3	6,3	5,9	2,7

لدينا هنا نوعاً ما صورة رقمية عن الثورة التقنية التي بدأ حدوثها.

محوّلات الطاقة:

في مجال المحرّكات، ومحوّلات الطاقة، نلمس حدود المخيّلة التقنية. لا شكّ في أنّ السبب يعود هنا إلى كون عدد التوافقات الممكنة محدوداً.

بالطبع اختفت بعض الأمور: لم يعد لعجلات الطواحين من وجود سوى في بعض البلدان غير المتطوّرة، أو ربّما لإثارة فضول السيّاح. نفس الشيء بالنسبة للمكنة البخارية التناوبية، للمكنة البخارية التقليدية من الثورة الصناعية «الأولى». هنا أيضاً يدلّنا استعمالها، لا سيّما في السكك الحديدية، على تخلّف تكنولوجي واقتصادي. في البلدان المتطوّرة، اختفت اليوم نهائياً.

الميل الحالي، في عدد كبير من المجالات، لا سيّما في مجال الآلات المتحرّكة والآلات المعدّة للصناعة، هو نحو نظام بطبقات ثلاث: إنتاج الطاقة؛ التحويل إلى طاقة آلية؛ التحويل إلى كهرباء.

فالكهرباء، من حيث مرونتها، ومن حيث قدرتها على التكيّف بسرعة مع الطلب، تبدو كوسيط أمثل حتّى ولو ظهر، خلال تحويلات وانتقالات الطاقة هذه، عدد من الخسارات. إنّ سهولة النقل والاستعمال، وإن لم يكن هناك إمكانية للتخزين، وفّرت النجاح للكهرباء، بينما يظهر التخزين ممكناً على مستوى المصدر الأوّلي للطاقة. لنأخذ بعض الأمثلة.

لقد رأينا أنّ الجرّ الكهربائي كان قديماً في مجال السكك الحديدية، ولم يتوقّف عن التطوّر طالما بقي التزوّد بالتيّار يتعمّم. حتّى أنّنا توصّلنا، في السنوات الأخيرة، إلى استعمال تيارات ذات توتّر عال (25000 ڤولط)، ممّا يخفّف من حدّة الخسارة عبر الكبلات الهوائية، وفي نفس الوقت أصبحنا نرى قاطرات تسير على خطوط متفاوتة الفولطية. السيّئة الوحيدة في هذه التقنية هي تكاليف الأعمال الضرورية الباهظة. الدفع بواسطة الديزل حلّ تقريباً في البلدان المتقدّمة مكان الدفع بواسطة البخار. وقد وضع المحرّك المزدوج بنزين - دفع كهربائي نحو السنوات 1880 ولكن قلّما تطوّر بسبب النقص في كفاءة محرّكات البنزين ذاك العصر. إلاّ أنّ بعض سيّارات السكّة قد أخذت شهرة طيّبة خلال سنين الـ 14. في السويد نشأت سنة 1913 فكرة استبدال محرّك البنزين بمحرّك الديزل، ولكن كان يجب تحسين الديزل لجعله قابلاً للاستعمال: تخفيف الوزن، زيادة سرعة العمل. ويعود ظهور الديزل الكهربائي على الخطوط الأمريكية الكبيرة إلى سنة 1930 ونذكر بصورة خاصّة إطلاق شركة جنرال موتورز سنة 1934 لديزل خفيف وقوي. في الواقع ما أدّى إلى نجاح الديزل الكهربائي هو، في الكثير من البلدان وبعد الحرب العالمية الثانية، وجود مجموعة كبيرة من القاطرات العتيقة. كذلك لا ننسى أنّ نجاحه يعود أيضاً إلى سهولة أكبر في معالجة الوقود.

في مجال المواصلات البحرية كان محرّك الديزل قد حلّ على نطاق واسع، في السفن التجارية التي قلّما تحتاج إلى السرعة، مكان المكنة البخارية، بينما احتفظت السفن

السريعة بالتربينة مع اعتماد الفيول من أجل إنتاج البخار. ومن الديزل انتقلنا بالطبع إلى الديزل الكهربائي الذي سهّل أعمال القيادة.

بعد الحرب العالمية الثانية نشأت فكرة استعمال الطاقة الذرّية من أجل إعطاء البخار اللازم. وكان لهذه التقنية فوائد كثيرة في بعض المجالات، لا سيّما في المجال العسكري حيث أدّت إلى غوّاصات بمدى عمل غير متناه. عند إتّحادها مع صواريخ القنبلة الذرّية كنّا نحصل على قوّة في حركة دائمة لا يمكن اللحاق بها. أمّا في ما يخصّ البحرية التجارية فالطريقة هي أقلّ أهمّية دون شك. في الواقع، صنعت فقط أربع سفن تعتمد على الدفع النووي؛ الأولى كانت السفينة كاسحة الجليد «لينين» التي تبحر منذ سنة 1959 في القطب الشمالي؛ الثانية كانت سفينة الشحن الأمريكية«سافانا» التي قطعت، من سنة 1962 إلى سنة 1970، أكثر من 800000 كيلو متر؛ أمّا السفينة الألمانية «أوتّو ـ هان Otto - Hahn» وتزن 25000 طنّ، فقد أطلقت سنة 1969، وفي سنة 1972، بعد أن اجتازت 350000 كيلو متر، استبدل نفّاثها بنسخة محسّنة؛ إنطلاقاً من سنة 1967، صنع اليابانيون سفينة «موتسو Mutsu» لكن الصيادين اليابان، المعروفين بخوفهم الذرّي، أوقفوا السفينة لمدّة تقارب السنتين، وعند استئناف عملها حدث تسرّب إشعاعي. طالما كانت أسعار الفيول منخفضة فإنّ هذه السفن النووية قلّما كانت ذات مردود عال. بعد ذلك استؤنفت الدراسات تبعاً لارتفاع أسعار البترول. ألمان ويابانيون عملوا معاً لصنع حاملات المصندقات وتبذل من 80 إلى 240000 حصان بخاري (مقابل 10000 في السفن النووية الحالية). هنا أيضاً لم تكتمل بعد التقنية تماماً.

مثل مكنة البخار التقليدية، يبدو محرّك البنزين كتقنية مشبعة. في مجال السيارات، طرأت التحسينات على بعض التفاصيل، الصغيرة جدّاً أحياناً، أو على أجزاء ملحقة به مثل العلب وتغييرات السرعة.

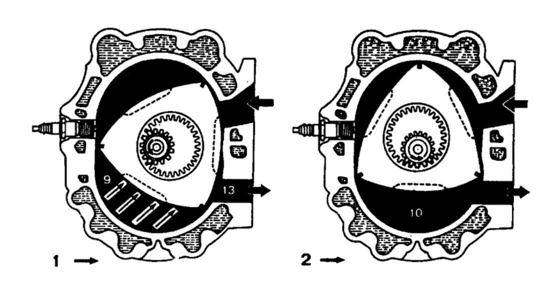
التقنية الجديدة الوحيدة هي تقنية المحرّك الرحوي، أي المحرّك ذي المكبس الرحوي كما نقول اليوم (شكل 5). إذن لم نعد بصدد آلة تناوبية: محرّك البنزين هو قابل للمرور بالتطوّرات التي كانت قد خضعت لها المكنات البخارية. المكبس، أو الدوّار، مثلّثي الشكل ومنحني الأضلاع، يدور في الفجوة، أو الساكن، على محور منحرف المركز ينقل إليه الحركة. وتتّصل أضلاعه مع جوانب الساكن الداخلية. أثناء اقترابه أو ابتعاده عن جوانب الفجوة تحدّد جنبات المكبس أحجام حجرات العمل حيث تجري عمليّات الحلقة ذات الدورات الأربع (استقبال، ضغط، انفجار ـ انبساط، انفلات). تكتمل الحلقة في حين لم يصل المكبس إلاّ إلى ثلث مسيرته، بينما الجزء يكون، بفضل وجود التشبيكات، قد قام

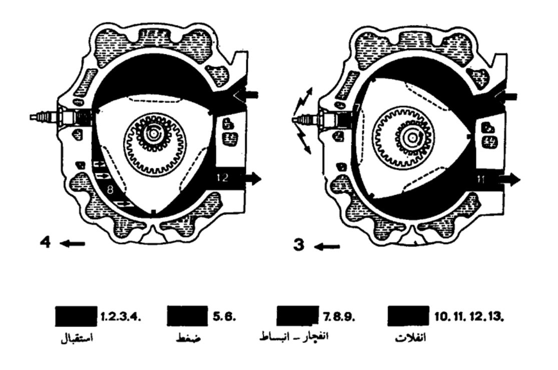
بدورة كاملة. إذن يتطابق دوران المكبس كاملاً مع ثلاث حلقات وثلاث دورات لجزع المحرّك. في المحرّكات من نوع كوموتور Comotor نجد الدوارات مصنوعة من أشابة خفيفة، مع تلبيس داخلي بالنيكل والسيليسيوم، دوّارات من الحديد الصبّ حيث أساور الجنب من الفولاذ وأساور الضلع من مادّة مزجّجة. وهذا المحرّك هو أقلّ تلويثاً وأكبر مردوداً من المحرّك التقليدي نظراً لإلغاء نظام الساعد ـ الرائد، وقد تمّ اعتماده على عدد كبير من النماذج.

في مجال المحرّكات الكهربائية، ما نزال عند حدود المحرّكات التقليدية، مع التحسينات الضرورية في التفاصيل أو في استعمال المواد الجديدة. ولكن ظهر شيء جديد هو المحرّك المستطيل والضيّق. يتألّف هذا المحرّك من هيكل معدني يتضمّن مكبّات أسلاك كهربائية تمرّ في فريضات، ويحيط الهيكل المعدني والمكبّات بخطّ مركزي معدني مثبّت على سكّة من الباطون. عندما نرسل تياراً كهربائياً في البكرات يُخلق بينها حقلاً مغنطيسياً، في تفرجة الحديد حيث توجد السكّة. هذا الحقل المغنطيسي يحثّ في السكّة تيارات كهربائية تنزع إلى معاكسة التيارات التي أوجدتها، فتُخلق قوّة تنزع إلى إبعاد المحرّك عن السكّة وتعطي الاندفاع. لم يكتمل بعد إنجاز هذا المحرّك؛ يجب تخفيف وزن الهياكل المعدنية للمحرّك الذي يتحمّل وزن المكبّات ويحصر جهود الدفع والقيادة على طول السكّة. هناك أيضاً مشكلة وصل المحرّك بالسيّارة، وأخيراً مسألة نظام التقاط التيار؛ هذا المحرّك يتغذّى بثلاثي أدوار يُعطى له من الخارج عبر ثلاث سكك من الألومينيوم، شبه منحرفة الشكل، يُغطّى أحد وجهيها بصفيحة رقيقة من الفولاذ المقاوم للصدأ. والصعوبة الكبرى تكمن في جعل المحرّك وساعد الالتقاط لا يتأثّران كثيراً بارتجاجات السيّارة.

هذا هو المحرّك الذي كان يجهّز الحافلة الهوائية التجريبية غوميتز Gometz، ثمّ جُرّب على أولى نماذج السيارة «أوربا Urba» المعدّة للنقل المشترك في المدن. وكان يجب أن يُركّب في السيارة ذات وسادة الهواء التجريبية التي وضعتها الشركة الأمريكية رور Rohr كي يسمح لها ببلوغ سرعة 250 كلم في الساعة على منحدرات 4° وفي ريح تسرع 80 كلم في الساعة. هنا أيضاً ظهرت بضع أخطاء في الحساب لكنّ الشركة التي وضعت وطوّرت هذه التقنية تأمل بالوصول إلى نتائج مرضية.

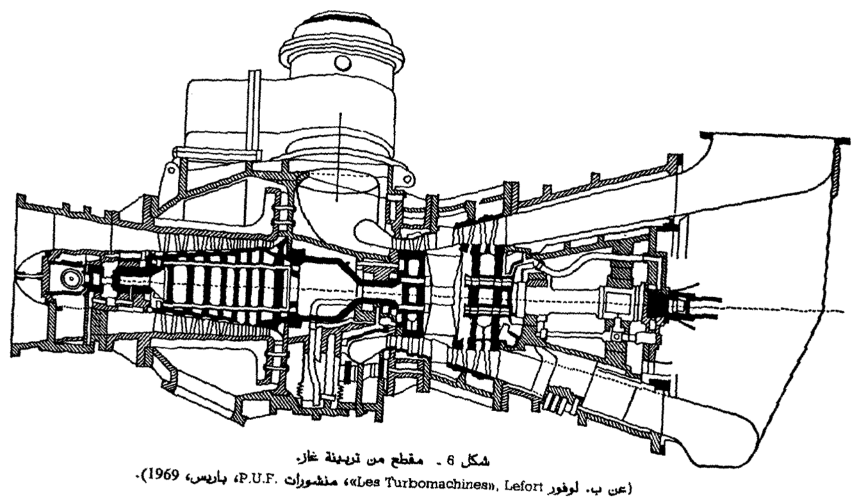
لا شكّ في أن أكبر تطوّرات تحقّقت شهدتها محرّكات الطائرات. إلى عشية الحرب العالمية الثانية لم نكن نستعمل سوى المحرّكات التقليدية ذات المكبس، وبهذا كنّا نقيس مدى عمل الجهاز، سرعته وارتفاع مسيرته. ثمّ ظهر مبدأ الارتكاس وكان أساس كل طرق





شكل 5 ـ مبدأ عمل المحرك الرحوي.

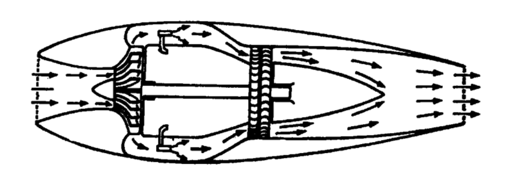
(عن جريدة «الموند»).



شكل 6 ـ مقطع من تربينة غاز.
(عن ب. لوفور Lefort، «Les Turbomachines»، منشورات .P.U.F، باريس، 1969).

الدفع في الموائع. ويقوم هذا المبدأ على إعطاء قسم من المائع، بواسطة أعضاء مناسبة، سرعة موجّهة نحو الخلف وعلى ابتكار ردود فعل على هذه الأعضاء نحو الأمام، فينتج الاندفاع عن ردود الفعل أو الارتكاسات هذه. المقاذيف، المراوح ونفّاثات الغاز تستعمل هذا المبدأ. ولكن أُطلق اسم الاندفاع النفّاث على طريقة الاندفاع حيث المائع تقذفهُ الآلة، بعد أن يكون قد ضُغط ثمّ سخّن بواسطة اشتعال المحروق. وهناك ثلاثة أنواع كبيرة من المحرّكات النفّاثة.

الراكس العنفي يجمع بين الاندفاع النفّاث وتربينة الغاز، وهما فكرتان قديمتان (شكل 6 و 7). لقد كانت أولى الأبحاث الإنكليزية، أبحاث أ. غريفيث A.A. Griffith، مهندس في مؤسّسة Royal Aircraft، تتناول ضاغطاً كان المطلوب من مردوده أن يدير مروحة. وضعت مجموعة سنة 1929 ولكنّها تُركت. من جهة أخرى كان ف. ويتل Fr. Whittle قد بدأ سنة 1920 تصوّر نظام دافع نفّاث من أجل الطائرات، ثمّ تابع أبحاثه بعد دخوله في السلاح الجوّي الملكي R.A.F. وإذا كان نشر سنة 1929 كتاباً أشار فيه إلى الدفع بواسطة الصواريخ وتربينة الغاز، فهذا كان دوماً من أجل تدوير مروحة، لكنّه في نفس الفترة حصل على براءة لفكرة جمع التربينة والارتكاس. إذن دُعم ويتل مالياً وتابع أعماله مضيفاً على فكرته تحسينات حصلت على براءات عديدة ومتتالية. سنة 1937 تمّت تجربة نموذج أوّل، ولكن كنّا نصطدم بمسألة المواد. سنة 1940، وضع أحد مهندسي شركة شل Shell حجرة احتراق ملائمة، ثمّ قُوّمت المواد، وكذلك الطائرة القادرة على حمل محرّك من هذا النوع. بعد ذلك بدأ صنع النفّاث W.2.B بالجملة انطلاقاً من العام 1943، وهو نفّاث ذو ضاغط يعتمد الطرد المركزي.



شكل 7 ـ تصميم الراكس العنفي

في نفس الفترة كانت تجري الأبحاث الألمانية مع هانس فون أوهين Hans Von Ohain، ماكس مولر Max Müller وهلموت شيلب Helmut Schelp، وكان كلّ منهم يعمل على حدة خلال السنوات 1937-1939. في آب 1939 جهّزت طائرة بنفّاث وضعه فون أوهين وقامت بأوّل طيران نفّاث. وكان هذا النفّاث قريباً جدّاً من نفّاث ويتل، رغم أنّ كلاً من الرجلين كان يجهل أبحاث الآخر. والاثنان اصطدما بنفس الصعاب: الاحتراق ومتانة المواد. من جهة أخرى ظهرت تنافسات بين صانعي المحرّكات وصانعي الطائرات، ثمّ كان هناك عدم ثقة السلطات الرسمية التي كانت تجد صعوبة في ترك محرّك المكبس. وإذا كانت الصناعة بالجملة قد بدأت سنة 1943، فإنّه فقط سنة 1944 بدأت الطائرات النفّاثة تطير بأعداد كبيرة. كما أنّ قلّة وجود النيكل قد أعاقت بعض الأبحاث وبعض الإنتاج.

يتضمّن الراكس العنفي، كما الدافع العنفي، تربينة غازية مع ضاغطها وحجرة أو حجرات الاشتعال. لا تُستخدم التربينة إلاّ لتدوير الضاغط، المعدّ لأن يضع في حجرة الاشتعال الضغط المطلوب للحصول على مردود جيّد للآلة. التربينة هنا هي أقلّ قوّة منها في الدافع العنفي والخسارة الناتجة فيها هي أقلّ حجماً، أمّا الغازات فتخرج منها مرتفعة الحرارة، وتتحوّل طاقتها الداخلية إلى طاقة حركية في ماسورة دفع حيث تنبسط هذه الغازات أثناء تبرّدها وبفضل سرعة قذفها يولد الدفع الذي يسيّر الجهاز. العيب الأكبر هنا هو عدم كفاية القوّة لحظة الإقلاع: ومردود الدفع النفّاث هو رديء عند السرعات المنخفضة. عندئذٍ يجب تحقيق خليط أغنى لا يحدث في التربينة ارتفاعاً في الحرارة قد لا تقاومه فراشاتها.

إنّ تنقّل جسم ما يحدث في الهواء ضغطاً تناسبياً مع مربّع السرعة؛ هذا الضغط يمكن إستخدامه من أجل ضغط الهواء المعدّ للتربينة الغازية. لقد استعمل هذا المورد في الراكسات العنفية، ممّا يخفّف عن الضاغط، ومن هنا تأتي أهميّة جرعة الهواء في هذه المحرّكات. إذا كانت السرعة كافية يمكننا عند حدّ معيّن الاستغناء عن الضاغط وبالتالي عن التربينة. وهكذا نصل إلى مبدأ المحرّك الثابت وهو عبارة عن آلة بسيطة للغاية لا تتضمّن أي قطعة متحرّكة. تتميّز بجرعة هواء متباعدة، وبحجرة احتراق وماسورة نفّاثة حيث الغازات المحترقة تأخذ سرعتها بواسطة الانبساط. هذا الجهاز كان موضع براءة فرنسية حصل عليها لوران Lorin ولكن لم تُتابع، تماماً كما حصل مع براءة غيّوم Guillaume سنة 1920 بالنسبة للراكس العنفي. صنع أوّل محرّك ثابت سنة 1944 من أجل طائرات V1 الألمانية: كانت سرعتها غير كافية لإعطاء الضغط المطلوب، لهذا شُغّل المحرّك بواسطة التذبذب باستعمال صدى مرور

الغاز إلى المنفس. عند النقطة الثابتة، لا يعطي المحرّك الثابت أيّ دفع لأنّ السرعة تكون مساوية للصفر.

آخر نوع من هذه المحرّكات هو محرّك الصاروخ. إنّ الدفع الذي يعطيه هذا المحرّك يعود، كما بالنسبة للمحرّكات الأخرى، إلى قذف مائع إلى الخلف بسرعة كبيرة. ولكن هنا لا نعود إلى الهواء: فهذا المائع ينتج كلّياً داخل الآلة بواسطة تفاعل كيميائي. وقد أشرنا أعلاه إلى هذا النوع الجديد من «الوقود». الألمان هم أوّل من قام بالأبحاث من أجل الطائرات المطارِدة، إقلاع الطائرات المسنود، القذائف الموجّهة عن بعد، دفع الطربيدات البحرية، والمقذوف V2. يتميّز محرّك الصاروخ، إلى جانب قوّته الكتلية الخارقة، باستهلاك مرتفع للغاية للأجسام الطاقية، حيث إنّه لا يأخذ محرقه من الهواء بل يتعيّن إعطاؤه إيّاه مع الوقود. واستعماله الأكثر تداولاً هو في دفع الصواريخ الطائرة جو ـ جو، أرض ـ جو، أو أرض ـ أرض، متوسّطة المدى، وفي إطلاق الأقمار الاصطناعية ويعود أوّلها إلى 4 تشرين الأوّل 1957. في هذه الحالة الأخيرة نستعمل بشكل عام ثلاث طبقات من المحرّكات، تسقط على التوالي كي لا تثقل الجهاز. الطبقة الأولى أو صاروخ الإطلاق يتطابق مع ما قلناه لتوّنا، وسنعود لاحقاً إلى موضوع الأقمار الاصطناعية.

إذا كنّا قد حصلنا على نتائج جديدة في مجال المحرّكات، فإنّها لم تغيّر بشكل مطلق في محرّكات النظام القديم. من جهة أخرى تجدر الملاحظة أنّنا هنا، في معظم الحالات، بصدد نقل أفكار قديمة إلى الواقع الملموس. لهذا يجب تخصيص حصّة كبيرة، في تقويم وفي استعمال الآلات الجديدة، إلى مساهمات التقنيات المجاورة، لا سيّما ابتكار مواد جديدة لولاها لما أمكن تحقيق أيّ شيء. الشيء نفسه بالنسبة لظواهر الاحتراق: ونذكر في المحرّك الثابت استقرار الشعلة في حجرة الاحتراق مع إثراءات في المزيج تتغيّر بنسبة تتراوح من 1 إلى 30، تبعاً لاحتياجات القيادة. كذلك يتعيّن أن تتتابع الأبحاث حول الوقود.

المواد الجديدة

قد تكون هذه الناحية من نواحي الثورة التقنية المعاصرة التي قلّما عولجت إلاّ أنّها من النواحي الأساسية دون أيّ شكّ. ولطالما كانت المادّة، في الكثير من الحالات، من الملزمات المطلقة. كما أنّ المواد الجديدة من جهة أخرى نجحت من حيث خصائصها بالحلّ مكان المواد التقليدية.

وتاريخ المواد الجديدة كان، منذ عشية الحرب العالمية الثانية، تاريخاً قديماً. فالأشابات كالبرونز، كالشبهان تعود إلى العصر القديم، وفي النصف الثاني من القرن التاسع

عشر جرت تطوّرات مهمّة جدّاً: ظهور أنواع الفولاذ الخاصّة، منذ 1867، والبحث عن كلّ الأشابات المعدنية، ونذكر الدورالومين عشيّة الحرب العالمية الأولى. ولا ننسى المكان المهمّ الذي شغلته المواد التركيبية: السلّولويد (1870)، الجبينين (1900)، الباكليت (1902). لقد قلنا أنّ نصف المواد التي نستعملها اليوم لم تكن معروفة منذ أربعين سنة؛ نقول أيضاً إنّ معظم المواد التي سنستعملها في المستقبل ما نزال نجهلها.

حتّى أنّ تغيّر الطرق القديمة لإنتاج مواد تقليدية هو بحدّ ذاته تطوّر مهمّ. في ما يتعلّق بالصهر، نميل إلى اعتماد طريقة نصف حمضية أو حمضية. لكن التجديد الأكبر هو استعمال الهواء فائض الأوكسيجين، متّحداً مع ضخّ مزامن لبخار الماء، للهيدرو كربورات أو عبر رفع لدرجة الحرارة. لقد اعترفنا بدور الهيدروجين المهمّ، الذي يسهّل توازن التبادلات الحرارية. كما جرى إتقان كلّ الأجهزة التابعة، آلات السدّ الكهربائية أو الهوائية، الحارقات كاوبر Cowper، الضبط الآلي لحرارة الريح، والتنقية الألكتروستاتية... أصبح اليوم المصهر العالي جهازاً ضخماً ممّا سمح بالتقليل من عدد المصاهر. ونشير أيضاً إلى فرن لياج Liège المنخفض التجريبي، الذي يعمل مع ضخّ للفيول السائل ورفع لحرارة الهواء حتّى 900 درجة مئوية، كما يمكن استبدال الفيول بغازات تحتوي على نسبة كبيرة من الميتان كمحلّل.

كذلك جرت محاولات لتحويل الركاز مباشرة وتهدف إلى التحرّر من الإنتاج بواسطة فحم الكوك، ولكن لا تلغي ضرورة إعادة صهر المادّة الحديدية في صحون الأفران. إن اختيار العنصر المحلّل هو أساسي جدّاً؛ وتستعمل طريقة السويدي فيبرغ Wiberg غازات حارّة ينتجها حارق معيّن انطلاقاً من الكربون وبخار الماء. كما تستعمل طريقة كروب ـ رين Krupp - Renn مزيجاً من الركازات الفقيرة والمنتجات المكربنة في فرن يدور ويعطي صهيراً كثيفاً، فنحصل على خبث صوّاني يحتوي كرات صغيرة من الحديد نستخلصها ونبرّدها ونسحقها ثمّ نمرّرها في مصهر عال. أمّا الطريقة النروجية فتعتمد على التحويل بمجرّد احتكاك أكسيد الحديد والكربون، دون صهر في فرن يدور ويُسخّن بواسطة الغاز، الفيول أو الفحم؛ يسمّى المنتَج بإسفنج الحديد، يُبرّد، ويُسحق ويُضغط ثمّ يمرّ في فرن مارتان Martin أو فرن كهربائي.

كذلك دون أن تتغيّر الأدوات حصل تعديل كبير في طرق صناعة الفولاذ. طريقة أوجين ـ بيرّان Ugine - Perrin وضعت سنة 1934: وتقوم على عمليّة تنقية عبر احتكاك حثالة ـ معدن. اليوم تُحضّر المادّتان السائلتان منفصلتين، نصبّ الحثالة في الوعاء وندخِل المعدن عبر سلك دقيق، فيحدث مزيج باطني وتفاعل فوري. والآن نستعمل في الأفران

التقليدية غازات غنية من أفران الكوك، غازاً طبيعياً أو مازوت، ممّا سمح بالغاء مولدات الغاز. كما أنّ الوقود لم تعد تخضع لعملية تسخين مسبقة. أمّا الاستعمال المتزايد للأوكسيجين الصافي في صناعة الفولاذ فيبقى التجديد الأكبر لفترة ما بعد الحرب. وهو يسمح بتسارع العمليات، بزيادة الإنتاج وبتخفيض استهلاك الوقود بصورة ملحوظة. وتوصّل مركز الأبحاث في إيمويدن Ijmuiden (هولندا) حول الشعلات إلى شعلات قصيرة وحارّة أكثر، بالتالي فعّالة أكثر. في فرن توماس Thomas، يسمح نفخ الهواء زائد المركّبات، إمّا بالأوكسيجين الصافي، إمّا بالأوكسيجين ممزوجاً مع غاز متعادل، بتجنّب الحرارات العالية. أمّا الطريقة النمساوية LD فتقوم على نفخ الأوكسيجين بسرعة كبيرة على سطح المغطس. في الطريقة السويدية كالدو Kaldo ننفخ في جهاز أسطواني يدور بسرعة كبيرة أكسيجيناً عبر قناة مماسّة لمستوى المغطس. وقت العمل، الذي كان ست ساعات في فرن مارتان، اختُصِر إلى ساعة ونصف.

في الكثير من الحالات ما نزال في طور البحث. في مجال الفرن العالي نأمل الوصول إلى إنتاج الفولاذ مباشرة مع ركازات مغنية ومقلّلة إلى النصف، كما ينبغي أن نضاعف من طرق الأوكسيجين في صناعة الفولاذ. على أيّ حال يبدو أنّ سيطرة الفحم في مجال الصناعة الحديدية هي في مرحلة الأفول.

بالنسبة لأساليب التطريق فهي لم تتغيّر من حيث مبدئها. في مجال التصفيح يجب الإشارة إلى الأهميّة المتزايدة لأعمال الإنتاج المتواصلة: والصناعة المتواصلة هي من جهة أخرى فكرة قديمة، منذ صناعة الورق، مع روبير Robert سنة 1797. وأولى سياقات صنع المطيل المتواصلة جُرِّبت للمرّة الأولى في تلبيتز Telpitz سنة 1892، وتحسّنت بدرجة ملحوظة في الولايات المتّحدة سنة 1916، من أجل الصناعات الحربية، سياقات لتصغير الحجم، ثمّ سياقات لصقل العمل. كذلك ساهمت تطوّرات التآلي بجعلها أكثر فعالية: أصبح الفولاذ يصنع سبائك تزن 14 طنّاً، وشريط المطيل يجري بسرعة 45 كلم / ساعة، وقد يصل يوماً ما إلى 100 كلم / ساعة. كما أنّ الآلية المؤازرة وفّرت ضبط الإنتاج بشكل أدقّ من الماضي.

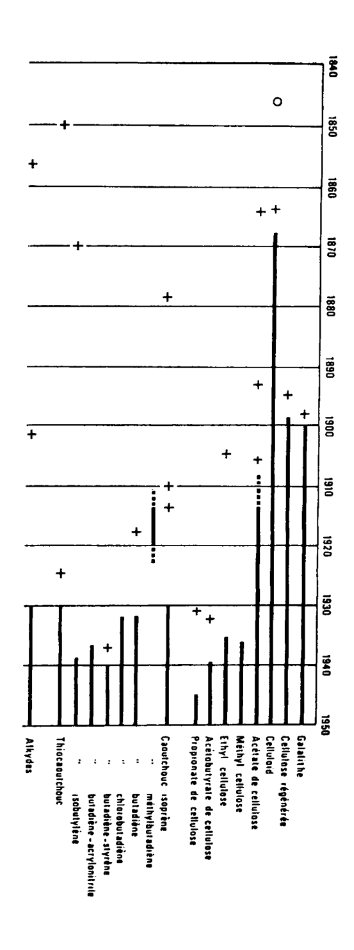
يبقى تاريخ الأشابات (الأمزجة) الصناعية بانتظار من يكتبه، وقد يكون ذا دلالة في أكثر من ناحية. لقد ولد المزيج الصناعي من حاجة بعض التقنيات إلى مادّة تملك خصائص محدّدة بوضوح: الصلابة، مقاومة التآكل، المرونة، مقاومة التشوّه البطيء، إلخ. لقد احتجنا إلى مواد كهذه من أجل صناعة التربينات البخارية التي تتطلّبها الراكسات العنفية مثلاً أو دروع الأمان الضرورية لإدخال الأقمار الاصطناعية في الجوّ. لقد رأينا ولادة أنواع الفولاذ

الخاصّة في مختبر شركة جاكوب هولتزر Jacob Holtzer، عند نهاية الإمبراطورية الثانية. وسنة 1902، كانت قد هدأت الضجّة قليلاً حول الحديد المنكّل، وهو مادّة تتمتّع بحساسية كيميائية مفرطة. أمّا في الفترة بين الحربين فقد انصبّت الدراسات على المعالجات الحرارية وتقسية أنواع الفولاذ الخاصّة. وقد أحدث الفولاذ مع الأشابة حديد ـ ألومينيوم ـ نيكل ثورة حقيقية في صناعة المغناطيسات. وفي سنة 1938 وضعت شركة الفولاذ Inland Steel Cy الأشابة الصعبة فولاذ ـ رصاص.

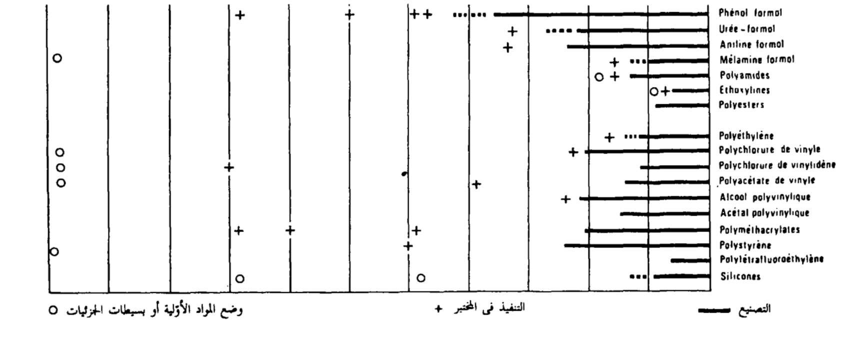
إنّ الإفتقار إلى بعض المعادن، أثناء الحرب الثانية، أبرز أشابات تحتوي على نسبة ضعيفة من المواد النادرة. بدأت في فرنسا أشابات بنسبة نيكل أقلّ من 1,6%، يُضاف إليها الكروم، المنغنيز والنحاس. أصبح الموليبدين نادراً فخفّفنا نسبته وأضفنا الكروم والفاناديوم. هكذا أكثرنا من الأشابات الثنائية أو الثلاثية التي تعطي مواداً تتمتّع بمزايا خاصّة من الناحية الميكانيكية، الكيميائية أو الحرارية. وفقط بفضل تكاثر هذه المواد فولاذية القوام أمكن تحقيق بعض التطوّرات التقنية، في مجال المحرّكات، المواصلات المسافية أو التوقيت. لا حاجة بنا هنا لتعداد كلّ هذه المنتجات الجديدة وميزاتها الخاصّة، ولكن من الضروري التركيز على المساهمة التي قدّمتها صناعة معدنية دقيقة لعدد كبير من القطاعات التقنية. كما نشير إلى أنّ هذه الصناعات الجديدة تجاوزت الصناعة الحديدية، حيث ساهمت صناعات معدنية أخرى، عبر كثير من الأشابات، بمجهود التطوّر نفسه. ولكن تنقصنا للأسف صورة تأريخية واضحة لكلّ هذه التطوّرات المتواصلة، المنبثقة عن حاجات وعاها الإنسان تماماً.

وبموضوع الأشابة كان يرتبط كلّ العمل المعدني، من السقاية الذاتية إلى التطريق وهو ملحق أساسي بصناعة المواد. كذلك كان يجب في الكثير من الحالات إتقان أجهزة القياس أو الفحص، وغالباً ما كان مختبر الصناعة الحديدية يصبح مختبراً علمياً كاملاً.

من لا يعرف اليوم الانطلاقة الخارقة للمواد البلاستيكية، ولنقل بشكل عام أكثر المواد الاصطناعية التركيبية (شكل 8)؟ في البدء كنّا نستعمل مواداً طبيعية، مثل السلّولوز أو الكازيين، تؤدّي إلى هذه المواد الجديدة الأولى التي عرفت بالسلّولويد، الجبنين الصناعي،... أمّا الباكليت وهي آخر هذه المواد الجديدة فكانت أوّل مادّة تركيبية كليّاً. في الواقع، سنة 1907، انطلق باكلند Baekeland هذه المرّة من الفرمول والفينول وعمل بحضور وسيط قلوي، فحصل على راتنج مكثّف له خصائص شبيهة بخصائص اللكّ. وقد حلّ هذا المنتج محلّ مواد كثيرة ومتنوّعة، من الخشب حتّى البورسلين. وقيل إنّه عندئذٍ التفت الإنسان إلى الأهميّة التي تأخذها بعض المواد التي لم تعد تُستخلص مباشرة كما في السابق



1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
Galalithe
Cellulose régénérée
Celluloid
Acétate de cellulose
Méthyl cellulose
Ethyl cellulose
Acétobutyrate de cellulose
Propionate de cellulose
Caoutchouc isoprène
" méthylbutadiène
" butadiène
" chlorobutadiène
" butadiène-styrène
" butadiène-acrylonitrile
" isobutylène
Thiocaoutchouc
Alkydes



شكل 8 ـ ولادة المواد البلاستيكية.

(عن فورنييه Fournier، l'Ère des matières plastiques، باريس، 1955).

من موارد حيوانية، نباتية أو معدنية طبيعية، بل أصبحت تُحضَّر صناعياً في المختبر بواسطة اللعب بفطنة على الطرق التحليلية ثمّ التركيبية التي يضعها بمتناولنا تطوّر علم الكيمياء.

يتعيّن توضيح بعض النقاط. لقد جرت أبحاث تحاول أن تحلّ هذه المواد الجديدة مكان مواد تقليدية يصعب الحصول عليها. عندئذ يكون لدينا مواد إستبدال: هذا ما قام به الألمان بالنسبة للكاوتشوك التركيبي الإصطناعي. من جهة أخرى تمكّنا من إصطناع مواد جديدة كلياً تحلّ مكان المواد الموجودة قبلاً وفي نفس الوقت تلبّي إستعمالات جديدة. إذا كانت الباكليت حلّت مكان الخشب في الكثير من المجالات فهي أيضاً التي أدّت إلى صنع قلم الحبر.

يمكننا ذكر الكثير من الطرق في اصطناع مادّة بلاستيكية:

I - نستخرج من النباتات جسماً كبير الجزيئة، هو السلّولوز، نخضعه للنترتة، ثم نلدّنه بواسطة مركّب طبيعي آخر بسيط الجزيئة نسبياً هو الكافور، وهذا بحضور محلّل هو الكحول، التي تختفي من جهة أخرى بفعل التبخّر.

II - نعزل من مواد طبيعية (أو محضّرة تركيبياً) جسمين غير معقّدي الجزيئة كثيراً، هما الفينول والفرمول، ونصل عبر معالجة حرارية ملائمة إلى جمعهما كي يشكّلا مادّة بلاستيكية مصلبة حرارياً.

III - تراكم العديد من جزيئات مركّب واحد بسيط البنية في جزيئة كبيرة واحدة، علماً بأنّ جزيئة هذا المركّب تتضمّن اتّصالاً مزدوجاً (كلورور البوليفينيل).

IV - التراكم في جزيئة كبيرة واحدة لجزيئات عديدة تتألّف من مركّبين، مختلفين ولكن نسبيين (كلورور البوليفينيل وأستات الفينيل)، وتتضمّن جزيئة كلّ منهما اتّصالاً مزدوجاً.

العمليّتان الأساسيتان هما تكثيف الجزيئات (تجميع بسيطات الجزيئة بشكل ملائم) والالتحام (ينبثق المنتج عن التفاعل العام بين الجزيئات الأساسية، مع حذف للجسم الثالث المتشكّل وتكون جزيئة بسيطة غالباً، مثل الماء). كلّ هذا أعطى ثلاث مجموعات كبيرة من المواد البلاستيكية:

I - المواد البلاستيكية المشتقّة مباشرة من النبات (السلّولوز) أو الحيوانات (الكازيين).

II - المواد البلاستيكية التركيبية مصلّبة الحرارة، ونحصل عليها انطلاقاً من أنواع كيميائية محدّدة غير معقدّة الجزيئات كثيراً، بواسطة طرق تكثيف والتحام.

III - المواد الراتنجية التركيبية اللّدنة بالحرارة وتنتج عن تكثيف جزيئات بسيطة.

المواد البلاستيكية السلّولوزية تطوّرت بسرعة، وكان للسلّولويد سيّئة كبيرة هي

قابليته للاحتراق السريعة، وقد انبثق عن السلّولوز المتجّدد مواد نراها بشكل أغشية، مثل السلّوفان الذي وضع في فرنسا سنة 1900. ثمّ ظهرت المواد البلاستيكية المصنوعة من أستات السلّولوز، وافتتح الباكليت الراتنجيات التركيبية مصلّبة الحرارة؛ كما جرى تصنيع أنواع الفينوبلاست الأخرى خاصّة منذ سنة 1925. أمّا الأمينوبلاست فنحصل عليه عبر تفاعل تكثيف بين الفرمول وجسم عضوي أميني (الأوريا مثلاً): لاحظ التشيكي هـ. جون H. John هذا الأمر سنة 1920 ووضع النمساوي ف. بولاك F. Pollak طريقة التصنيع. عندما استبدل الفرمول بمادّة الغليسرين حصلنا على الراتنجيات الغليسيروفثالية التي استعملت في مجال صنع البرنيق. أخيراً من ضمن الراتنجيات التركيبية اللدنة بالحرارة استعمل الألمان الراتنجيات الأندوكومرونية خلال الحرب العالمية الأولى. ونحصل على الراتنجيات الفينيلية عبر تكثيف جزيئة غير مشحونة كثيراً تتضمّن اتّصالاً مزدوجاً. كما أنّ تفاعل الحمض الكلوريدريك مع الأستيلين يعطي كلورور الفينيل الذي نكثّفه ونستخرج منه كلورور البوليفينل وهو مادّة مهمّة من حيث مقاومتها للكثير من العناصر الكيميائية. أمّا الستيرين فقد حُضّر للمرّة الأولى سنة 1831. ولكن ستاودنغر Staudinger أثبت سنة 1926 أنّه بالإمكان الحصول على سلسلة كاملة من منتجات التكثيف، من ثنائي الجزيئة حتّى الجزيئات الكبيرة الهائلة، وهي تمثّل عوازل من النوع الممتاز.

كان لدينا إذن، عشية الحرب العالمية الثانية، عدد كبير من المنتجات تتميّز بخصائص كثيرة ومتنوّعة. نشير إلى أنّه في الكثير من الحالات حصلت عمليات التقويم النهائية ما بين السنتين 1930 و 1940 وأنّ عمليات التصنيع لم تكن قد بدأت بعد بالنسبة لعدد من المنتجات. وعلى مدى الحرب الثانية أعارت البلدان المحاربة إهتماماً واضحاً لهذه المواد الجديدة منجزة عمليات التقويم ومكتشفة الكثير من المواد الأساسية.

مادّة البوليتين أو البوليتيلين حصلنا عليها بواسطة تكثيف الأتيلين، في ظلّ ضغط كبير أوّلاً. الأبحاث بدأت سنة 1928 مع الشركة الإنكليزية الكبيرة إمبريال كميكال (Imperial Chemical Industries)، قد دعم هذه الأبحاث العالم الهولندي ميكلز Michels الذي كان يدرس درجات الضغط العالية جدّاً في الكيمياء. سنة 1931 تصوّر أجهزة جرت معها، سنة 1933، تجربة لتكثيف الإتيلين، فحصل حادث أدّى إلى هبوط مفاجيء في الضغط فاكتُشف مسحوق صغير أبيض يتميّز بخصائص لافتة حيث كان بإمكانه أن يتمدّد في البرودة، أن يتقولب، أن يتحوّل إلى خيوط أو إلى أوراق، كما كان يقاوم عدداً كبيراً من

العناصر الكيميائية. سنة 1937 وضع جهاز للعمل المتواصل، وسرعان ما ظهر تفوّق البوليتيلين على مادّة الغاتابرشا المطّاطية، لا سيّما من أجل عزل الكبلات. كذلك فإنّ خصائص البوليتيلين خوّلته لأن يكون إحدى المواد الأساسية الضرورية في الأبحاث حول الرادار. سنة 1950 اكتشف الألماني زيغلر Ziegler طرقاً جديدة في تحضير البوليتيلين ضمن الشروط الطبيعية حرارة وضغطاً: تؤكّد البراءات، التي تسجّلت سنة 1954، على عملية التكثيف بحضور الوسيط الذي كان الألومينيوم. أمّا كيميائيو شركة فيليبس Philips للبترول فقد استعملوا الكروم. بدأت الصناعة سنة 1956 في ألمانيا وفي الولايات المتّحدة، وسنة 1960 في إنكلترا. خصائص البوليتيلين الميكانيكية كافية، وخصائصه الكهربائية والكيميائية مهمّة جدّاً. بإمكانه أن يلتحم بنفسه وأن يختلط مع مواد أخرى لإنتاج أنواع كاوتشوك تركيبية.

السيليكونات هي راتنجيات شبيهة بالتي تكلّمنا عنها ولكن حيث استُبدل الكربون، ذرّة ذرّة، إمّا بالسليسيوم، إمّا بالأوكسيجين. سنة 1904 جرى تفاعل بين مركبين في أحد المختبرات، ولكن سنة 1939 أبدت شركتان أمريكيتان كبيرتان، شركة كورنينغ للزجاج (Corning Glass Works) وشركة جنرال إلكتريك (General Electric Cy)، إهتمامهما باستعمال هذه المنتجات صناعياً، وبعضها كان شفّافاً كالزجاج ويتمتع بخصائص كهربائية مهمّة. في الحالة الأولى أطلق التصنيع سنة 1942 لاحتياجات عسكرية، وفي الثانية سنة 1946.

لقد رأينا أنّه سنة 1927، قرّرت شركة ديبون Du Pont في نيمور Nemours أن تنطلق في مجال البحث النظري، ولهذا استدعت عالماً كيميائياً ذاع صيته بالنسبة لظواهر تكثيف الجزيئات وهو و. هـ. كاروذرس W.H. Carothers. لقد أكبّ على دراسة بنية وتركيب الجزيئات وتوجّهت أعماله الأولى نحو متعدّدات الإستر Polyesters التي وضع طريقة تركيبها واصطناعها. سنة 1930 ظهرت طريقة لصنع متعدّد الإستر بفعل الحمض السوبيريك على غليكول الأتيلين. عندئذٍ حاولنا أخذ عيّنة من متعدّد الأستر هذا ولاحظنا أنّه يتمتّع بخاصّة التمدّد خيوطاً طويلة، وأكثر من هذا أنّ هذا الخيط ما أن يبرد حتّى يكون بإمكانه أن يستطيل مرّات عديدة تساوي طوله الأصلي: وكانت هذه العملية تزيد من متانته ومرونته دون أن تؤذيه. عيبه الوحيد كان في أنّه يصبح موحلاً عند إحتكاكه بالماء الحارّة. لهذا وجب البحث في اتجاهات مجاورة؛ اصطدمنا بمصاعب كثيرة وكاروذرس قرّر الانسحاب، ولكن تمّ اقناعه بالمتابعة: عندئذٍ توجّه إلى البولياميدات، التي تتنظّم كيميائياً مثل متعدّدات الأستر. ووصل فريق العمل إلى بولياميد، الرقم 66، كان يعطي خيطاً مرناً، متيناً ويتحمّل حرارات

تبلغ 260 درجة مئوية. أولى عمليّات الغزل، من أجل كمّية تجريبية من الجوارب، حضّرت في نيسان 1936 وفي تمّوز 1938. في كانون الأوّل 1939 شهدنا بداية التصنيع: لقد ولد النيلون.

الألمان كانوا قد أجروا أبحاثاً متوازية، قليلاً بعد أعمال شركة ديبون، وقد أدّت هذه الأبحاث إلى وضع خيط كثير الشبه هو البرلون Perlon. في البدء استعملت البولياميدات بشكل عام كأنسجة فقط: اليوم تُستعمل أيضاً كمواد بلاستيكية، يمكننا بشكل خاص أن نجري عليها عمليات البرم والقولبة بالضخّ أو بالضغط. كما يُستعمل اليوم النيلون في صناعة أدوات المائدة أو الزينة المختلفة. وهناك بولياميد من صناعة فرنسية، استخرج من الخروع، أقلّ حساسية تجاه الماء من النيلون، هو الريسلان Rislan ويُستعمل كثيراً في الحزم والتوضيب.

النتائج التي حصّلها كاروذرس دفعت الباحثين على المضي أكثر في نفس الطريق. هكذا قام ج.ر. وينفيلد J.R. Whinfield و ج. ت. ديكسون J.T. Dickson ، المكلّفان بالأبحاث في مؤسّسة كاليكو بنترز (Calico Pinters Association)، باكتشاف مادّة التريلين، ونجحا، حيث أخفق سلفهما، بصناعة خيط انطلاقاً من متعدّدات الأستر. لقد اكتشفا واحداً ذا درجة انصهار عالية، وبالصدفة أظهر الخيط الأول خلال عملية التقويم خصائص أخرى مميّزة. سنة 1941، إنتهت عملية التقويم في إنكلترا، ومن بين المنتجيْن كان الأوّل، أي غليكول الأتيلين، يصنّع بينما الثاني، أي الحمض التيريفتالي لم يكن أكثر من منتج مختبر. بعد الحرب الثانية وجد الحلّ وأمكن بدء الإنتاج الصناعي سنة 1955، في مصانع آي. سي. آيI.C.I في ويلتون Wilton.

كذلك تتابعت الأبحاث في مجال متعدّدات الأستر، متعدّدات الكربونات، ومتعدّدات المليات. وقد استعملت في مجال صنع النضيد بعد تطوّر كبير طرأ عليها منذ سنة 1956، ويمكن الحصول على النضيد إمّا بشكل متصلّب وقاس جدّاً، إمّا بشكل مرن.

سنة 1938 أظهر علماء الكيمياء الأمريكيون أنّه بإمكان ثنائيات أو متعدّدات الإيزوكريانات أن تتفاعل مع متعدّدات الكحول كي تنتج مواداً ذات خصائص بلاستيكية. حول هذا الموضوع تسجّلت براءات في ألمانيا منذ سنة 1939. وقد أدّى هذا التفاعل إلى متعدّدات الأوريتان ذات البنية الخطّية والتي تُستعمل كراتنجيات لدنة بالحرارة.

تتألّف السلسلة الأخيرة من المواد البلاستيكية المفلورة. ففي بسيطات الجزيئة

الشبيهة بكلورور الفينيل، ولكن حيث نستبدل الهيدروجين والكلور جزئياً أو كليّاً بالفلور، يمكن كذلك الحصول على مكثّفات ومتعدّدات الجزيئات، تُستعمل تقنياً وتشكّل مجموعة البلاستيكيات المفلورة. أهمّها مادّة التفلون، وهي مادّة بلاستيكية ممتازة الخصائص فعلاً، تقاوم كلّ أنواع الحوامض وتحتفظ بمتانتها وبشكلها تحت درجات عالية من الحرارة. نستعملها في صنع بعض القطع الميكانيكية إلاّ أنّ سعرها يبقى مرتفعاً.

أوّل أعمال كاروذرس تناولت متعدّدات الأستر، ولكن نظراً لنقطة ذوبانها المنخفضة تركت هذه الأعمال لصالح البولياميدات التي أدّت إلى النيلون. الباحثان الإنكليزيان، وينفيلد وديكسون، وهما موظّفان في مختبرات شركة كاليكو بنترز، اكتشفا متعدّد أستر ذا نقطة ذوبان مرتفعة، وتسجّلت البراءة الأولى من أجل خيط نسيجي جديد سنة 1941. آنذاك وبسبب الحرب لم يشهد الأمر تتمّة له، أمّا عناصر الاكتشاف التقنية فقد نشرت في تموز 1946. عندئذٍ قامت شركتان الأولى إنكليزية هي الإمبريال كميكال، والثانية أمريكية هي ديبون، بالحصول على الرخصات وكرّستا رؤوس أموال كبيرة من أجل تصنيع المادّة التي سمّيت بالدكرون Dacron.

أصبح الآن عدد المواد التركيبية كبيراً ويمكننا مضاعفة الأمثلة. ولن نذكر أكثر من حالتين أخيرتين على أهميّة لا يُستهان بها.

كان هناك كاهن من أصل بلجيكي هو جوليوس أ. نيولاند Julius A. Nieuwland هاجر إلى الولايات المتّحدة حيث أخذ يبطء طريق كاوتشوك صناعي. لقد بدأ دراساته حول الأسيتيلين منذ سنة 1920، وبعد مضي عدد من السنوات، توصّل إلى مكثّف أسيتيلين كبير الجزيئة، هو ثاني فينيل الأسيتيلين، المشكّل من ثلاث جزيئات. من جهته اقترح الدكتور إ. ك. بولتون Dr E.K. Bolton، وكان ينتمي إلى مركز أبحاث شركة ديبون، إجراء أبحاث حول اصطناع الكاوتشوك انطلاقاً من الأسيتيلين، وكان هذا عام 1925. بعد أخذه طريقاً سيّئاً، تعرّف بولتون إلى أعمال نيولاند، ومستعيناً ببعض نصائح كاروذرس، توصّل إلى النيوبرين وهو كاوتشوك تركيبي تميّز بخصائص متفوّقة على الكاوتشوك الطبيعي.

كانت إحدى الشركات الكيميائية، السويسرية المتخصّصة في صناعة الملوّنات الاصطناعية، قد دفعت مكتب أبحاثها إلى اكتشاف مضادّ للعث نجح فعلاً. انطلاقاً من هذه النتيجة حاول الكيميائي بول مولر Paul Müller البحث عن مبيد عام للحشرات، وقد حصل عليه سنة 1939، بفعل الكلوروبنزين بسيط الجزيئة على الكلورال وبحضور الحمض الكبريتي. بقي الاكتشاف محجوزاً بسبب الحرب وفي سنة 1942 بُلّغ إلى المفوّضية الإنكليزية في سويسرا، واعتمد بعدها في الإنتاج الصناعي في إنكلترا كما في الولايات

المتّحدة. تبيّن عندئذٍ أنّ هذه المادّة كانت قد اكتشفت سنة 1874 من قبل عالم الكيمياء زايدلر Zeidler الذي لم يكن قد عرف كلّ خصائصها. وعلى هذه الطريقة بدأ صنع المادّة المسمّاة د. د. ت. D.D.T.

ولكن لا يجب أن يلتبس علينا الأمر؛ إنّ هذه المنتجات التركيبية صنعت انطلاقاً من مواد طبيعية، فقط قمنا بنقل أصل هذه الصناعات نوعاً ما. فبينما كنّا نستخدم في الماضي المادّة الطبيعية قابلة مباشرة للاستعمال، كالخشب، القرن، الصوف، القطن، إلخ..، أصبح كلّ شيء اليوم يصنع بالكيمياء مع بعض المواد الطبيعية الكبيرة وقد أصبح البترول أهمّها دون أن يكون وحيداً في الساحة؛ ما زالت الأملاح والبوريطسات التي استعملت كثيراً وقت الانطلاق تحتفظ أيضاً بأهميّة نسبية.

الثورة الألكترونية

بالنسبة لجمهور عريض جدّاً، ينزع الكومبيوتر أو الحاسب لأن يكون أحد الرموز الأساسية في التقنية المعاصرة، في النظام التقني المعاصر. في الواقع، من الأفضل الكلام عن ثورة إلكترونية، حيث الحاسب هو واحد من مظاهرها. ففي الكثير من الميادين، الألكترونيك هو بحقّ أحد العناصر الأساسية في النظام التقني الجديد.

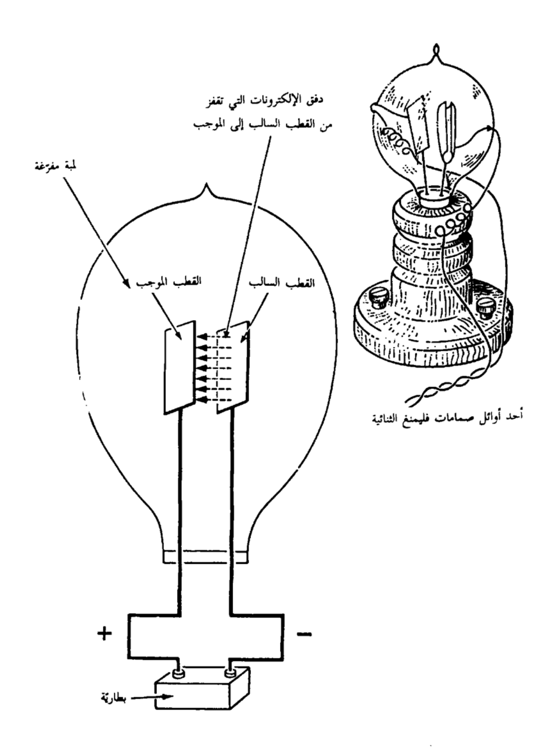
تعود أصول الألكترونيك إلى عهد بعيد، فمنذ سنة 1832 اشتبه الفيزيائي الإنكليزي الكبير فارادي Faraday بأمواج مغنطيسية كهربائية. سنة 1833 لاحظ فاراداي نفسه أنّ مقاومة سلفات الفضّة تتمتّع بمعامل حررة سلبي: هكذا كان على طريق الوصول لشبه الموصلات. كما يخبرنا تاريخ العلوم أنّ ماكسويل أثبت نظرياً وجود هذه الموجات، وأنّ رودولف هرتز Rodolphe Hertz أثبته اختبارياً سنة 1887. وقد رأينا أن برانلي Branly اخترع الوسيلة العملية لكشفها، أي المكشاف، وتصوّر الهوائي، وأنّ ألكسندر بوبوف Alexandre Popov ابتكر سنة 1895 أوّل نظام إرسال لاسلكي، وأنّ ماركوني Marconi أقام أوّل منشأة سنة 1896 وشغّلها مسافياً سنة 1901.

كان اديسون Edison قد صنع سنة 1879 أوّل مصباح كهربائي مع سلك إضاءة من الكربون، وفي سنة 1883 بينما كان يحاول تصحيح بعض عيوب مصباحه لاحظ أنّه ضمن بعض شروط الفراغ وفي ظلّ بعض الفلطيات كان يظهر داخل المصباح وميض أزرق، فاكتشف أنّ هناك تيار غير مفسّر كان يمرّ بين السلكين اللذين يغذّيان سلك الإضاءة. ج - ج. طومسون J. - J. Thomson أظهر أنّ هذا الأمر يعود إلى مرور الكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب، ووضعت نظرية الإصدار الدالف

الحراري سنة 1903 من قبل أ. و. ريتشاردسون W.O. Richardson. بعد هذا بقليل اخترع أمبروز فليمنغ Ambrose Fleming الصمام الثنائي وهو أوّل جهاز وضعت فيه الإلكترونات المحرّرة موضع العمل: لقد ولد عصر الألكترونيك (شكل 9). عندئذٍ أصبح بالإمكان وضع مكشاف برانلي من أجل استقبال الأمواج اللاسلكية (راديو). سنة 1900، انكبّ لي دو فورست Lee de Forest أيضاً على البحث عن كاشف أفضل للإشارات اللاسلكية ـ الكهربائية، فصنع منفذاً كهربائياً ثالثاً، على شكل شبكة، بين القطب السالب والقطب الموجب: هكذا ظهر الصمام الثلاثي سنة 1906 (شكل 10)، وأصبح بالإمكان عندئذٍ التحكّم بدفق الإلكترونات. في الواقع كان الصمام الثنائي والصمام الثلاثي قد ولدا قبل التقنية التي سمحت لهما بإمتلاك مردود جيّد: هذه التقنية لم تر النور إلاّ بين السنتين 1910 و 1925، ففي الحقيقة كان يجب إتقان طريقة الحصول على الفراغ (مضخّة الفراغ الجزيئي التي وضعها الألماني غادِه Gaede سنة 1910)، وإيجاد مادّة مناسبة من أجل الأقطاب السالبة (الأقطاب السالبة ذات الأكسيدات المعدنية التي وضعها أرنولد Arnold سنة 1915). سنة 1927 ظهرت أنابيب التسخين غير المباشر الموصولة، مع محوّل، على منشب تيّار عادي. ثمّ ظهر الصمام الرباعي (1928) والصمام الخماسي (1929) ممّا كان يسمح بتكبير الإشارة اللاسلكية.

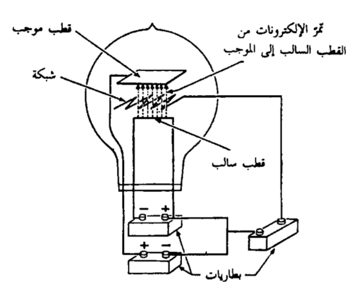
في السنة التي أعلن فيها طومسون اكتشاف الإلكترون (1897) كان كارل فردينان براون Karl Ferdinand Braun، من جامعة ستراسبورغ، يصنع أوّل مسجّل للذبذبة بأشعّة مهبطية. ولأنّه من الممكن تحويل أي ظاهرة فيزيائية إلى تغيّرات في التيّار أو التوتّر، فإنّ هذه التغيّرات تغيّر بدورها حقول إنحراف أنبوب الأشعّة المهبطية.

المفعول الكهربائي الضوئي، أي قذف الألكترونيات خارج الذرّات بواسطة جزيئات ضوئية أو ضويئات، كان معروفاً قبل أي يقدّم بلانك Plank وإينشتاين Einstein عناصر تفسيره الأساسية. كان هرتز قد اكتشف أنّه تحت تأثير الضوء تنبعث الكترونات من معادن قلوية مشحونة سلبياً، مثل الصوديوم أو البوتاسيوم. من هنا أوّل خلية كهربائية ضوئية وضعها ألستر Elster وغايتل Geitel سنة 1905 في ألمانيا. وأصبحت انطلاقاً من سنة 1920، بعد تحسينات عديدة مثل الأنبوب المهبطي، عبارة عن آليات استعمال متداول. أمّا الروسي المهاجر إلى أمريكا زفوريكين Zworykin فقد عمل في الوقت نفسه على المضخّمات، الضرورية من أجل إخراج الأشرطة الصوتية للأفلام، وعلى وسائل تحويل الصورة إلى تيار كهربائي. في هذه الحالة الأخيرة، وضع سنة 1928 محلّل الصورة وهو عبارة عن أوّل أنبوب آلة تصوير تلفزيونية.



شكل 9 — أوّل مصباح بصمام ثنائي وضعه فليمنغ.

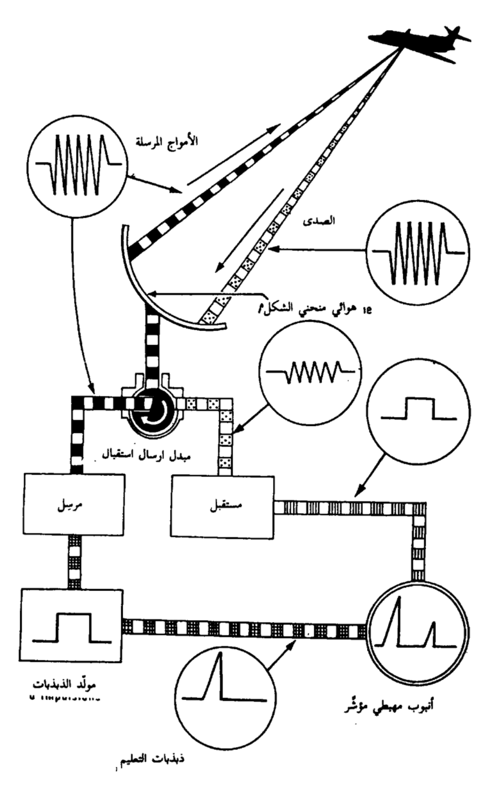
(عن س. هاندل S. Handel، «La Révolution de l'électronique»، فيرفييه Verviers، 1969).



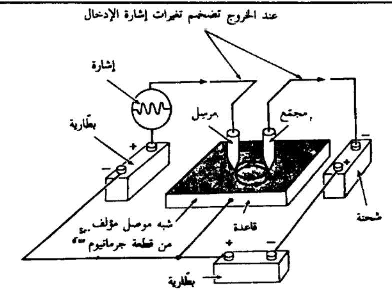
شكل 10 ــ الصمام الثلاثي.
(عن س. هاندل، «La Révolution de l'électronique»، فيرفييه، 1969).

عشية الحرب سنة 1939، كان الالكترونيك قد حقّق تطوّرات كبيرة. وكان من الحرب أن عجّلت في بعض الأمور، فقد كان يجب بسرعة إنتاج تجهيزات في المواصلات المسافية، تجهيزات رادار، أجهزة تحكّم بالرماية وبالدفاع المضادّ، إلخ... وفي البدء كان الإنكليز يجدون والأمريكان يؤمّنون التقويم والتصنيع. كلّ هذا أدّى إلى تحسينات مهمّة وسريعة، ولكن دوماً على ارتباط بالتقنيات الأخرى (لاسيّما بالنسبة لكلّ ما كان يتعلّق بالمواد، خاصّة المواد الخفيفة جدّاً).

بالنسبة للرادار (جهاز الكشف عبر الموجات اللاسلكية) فقد جاء نتيجة أعمال متسلسلة (شكل 11). سنة 1904 قام أستاذ في جامعة بتسبرغ Pittsbrugh هو ر. فيسندن R. Fessenden بصناعة كاشف يستعمل ذبذبات نوّاس عالي التواتر. السير إدوارد أبلتون Sir Edward Appleton وباحثو مؤسّسة كارنجي Carnegie استعملوا الأمواج اللاسلكية من أجل تحديد علو مختلف الطبقات الجوّية. ترسل حزمة من الأمواج نحو الشيء الذي يراد كشفه؛ تنعكس الأمواج على هذا الشيء وتعود إلى نقطة انطلاقها. إذا كنّا نعرف سرعتها من السهل حساب مسافة الشيء. بعد سنة 1930 تتابعت أبحاث أبلتون بإشراف روبرت واطسون ـ واط Robert Watson - Watt. للاستفادة منها في مجال الطائرات والسفن، كان يجب نوعاً ما تصغير الأجهزة والحصول على قدرة إنتاج ذبذبات قوية لأمواج عالية التواتر. سنة 1939 قام الإنكليزيان ج. ت. راندل J.T. Randall وهـ. أ. بوت H.A.H. Boot باختراع المغنطرون، وأمّن معهد ماستشوستس Massachussets للتكنولوجيا عمليّة التطوير.



شكل 11 ـ تصميم الرادار (عن س. هاندل).



شكل 12 ـ الترانزستور الاتصالي مضخم الإشارات. (عن س. هاندل).

كلّ الأنابيب الألكترونية تستعمل إلكترونات حرّة تنتقل في فراغ مطلق قدر الإمكان، كما أدرك سلوكها جيّداً في ظلّ حقل مغنطيسي وكهربائي. منذ وقت بعيد كانت قد استعملت مركّبات مصنوعة من بلّورات صلبة تتمتّع بكونها موصلات جيّدة للتيّار في كلا الاتّجاهين. هكذا كان بالنسبة لمستقبل الغالينة الشهير، المؤلّف من بلّور كان يوضع عليه بكلّ دقّة رأس معدني دقيق. هكذا كنّا نحصل على صمام ثنائي يقوّم التيار. ثمّ ظهرت صمامات بلّور ثنائية، تستعمل السيليسيوم، وبدت كمقوّمات ذات فعالية أكبر بالنسبة لإشارات الرادار عالية التواتر من أي صمام ثنائي دالف حراري آخر توفّر قبل الحرب، ولكن لم تكن طريقة عملها تفهم كما ينبغي. وكانت كلّها تصنع مع أجسام نسمّيها اليوم «شبه موصلة» تقع ما بين الموصلات والعوازل. إذا كنّا استعملناها كمقوّمات، فهي لم تُستعمل أبداً كمضخمات.

منذ وقت بعيد كان يجري البحث عن أجهزة صلبة تُستخدم كمضخمات، وكانت هذه الأبحاث مرتبطة بالأبحاث النظرية حول فيزياء الجوامد. سنة 1931 كان ويلسون Wilson قد وضع نموذج الميكانيك الكمّي للجامد شبه الموصل، وبعد سنة 1942 اشتغل على خصائص سطح المواد. كما جرت في مؤسّسة بل Bell أبحاث منهجية حول مجموعة من شبه الموصلات ينتمي إليها الجرمانيوم والسيليسيوم. في 23 كانون الأوّل 1947 قام ثلاثة علماء أمريكان هم باردين Bardeen، براتين Brattain، وشوكلي Shockley بتمرير تيّار بين منفذين كهربائيين ذهبيين موضوعين على قطعة من الجرمانيوم: بعد ذلك بقليل أطلق بيرس Pierce إسم «الترانزستور» على هذا الاختراع المهمّ والمبدع، وهو اختصار لكلمة ترانسفر ريزيستور Transfer Resistor أي المقاوم النقّال (شكل 12).

لقد كان البحث طويلاً ومنذ سنة 1942، انكبّ شوكلي على المسألة في مختبرات بل. انتقلنا من النتائج غير الكافية إلى نتائج معاكسة لما كان يُتوقّع قبل الوصول إلى الترانزستور الرأسي. بعد هذا بقليل تصوّر شوكلي الترانزستور الاتصالي الذي اعتُمد بسرعة وفي أنحاء العالم. كان يكمن هنا برعم ثورة مهمّة جدّاً من حيث نتائجها في المجالات الأكثر تنوّعاً، من الإذاعة والاتصالات إلى القنابل الذرّية، من الحاسبات إلى الأقمار الاصطناعية.

من التحكّم بالتيارات كان يجب الانتقال إلى تسجيل المعطيات، وقد أمكن تحقيقه بفضل المغنطيسية أي بفضل مواد تتمغنط وتبقى ممغنطة. في مجلّة أمريكية من العام 1888، وصف أوبرلين سميث Oberlin Smith نظام تسجيل مغنطيسي أنجزه فلاديمار بولسن Vlademar Poulsen بعد مضي عشر سنوات. كان سميث قد أشار إلى استعمال حبل، سلك، شريط، أو سلسلة كلّياً أو جزئياً من الفولاذ المسقي، حتّى أنّه أشار إلى صنعها من «حرير أو قطن نمزج خيوطه مع سحالة الفولاذ المسقي».

لقد جرى البحث بشكل خاص، لا سيّما من أجل الحاسبات الألكترونية، حول مواد وأنظمة تسمح بزيادة سعة الذاكرة وسرعة الوصول إلى هذه الذاكرات. وكانت الوسيلة الأبسط عبارة عن صنع سبائك نمغنطها في اتّجاه واحد: كان اعتماد النظام الثنائي في الحاسبات يسمح باستعمال القطبين الموجب والسالب. بديهي أنّه لم يكن بالإمكان خزن كمّية كبيرة من هذه السبائك، مهما كانت صغيرة، ولكن كان بالإمكان اعتبار كلّ حبّة مكوّنة لها كسبيكة بدورها، لهذا استطعنا سحق هذه السبائك ولبّسنا بها أسطوانة تبعاً لفكرة طرحها سميث: من هنا وجدت الطارة الممغنطة. بعدئذٍ انتقلنا إلى الأشرطة والأقراص المغنطيسية، بهذه الطريقة كنّا نبحث عن سعة أكبر للذاكرة وكان تسلسل الشريط أو دوران القرص يؤدّي إلى سرعة أكبر لبلوغ الذاكرة.

ثم توصّلنا إلى الذاكرات المغنطيسية السكونية، لا سيّما إلى حلقة دائرية مصنوعة بمادّة قابلة للتمغنط، نضعها تراكزياً حول التيار الذي يمغنطها. هذه الحلقة يمكن تشبيهها بإحدى السبائك المذكورة أعلاه ويمكن إذن استخدامها للحساب الثنائي. كلّ مصموفة من الحلقات تتألّف من شبكة تضمّ ن سلكاً متوازية ومتساوية التباعد و م سلكاً متوازية في ما بينها ومتعامدة مع الأسلاك الأولى. اليوم تتألّف الذاكرة المركزية من حلقات ومن مركّبات حديدية، ولكن يجب دون شكّ إستبدال هذه الأخيرة بموادّ من نوع آخر.

لا شكّ في أنّنا نلحظ، في جميع الميادين، ثبات البحث، وأحياناً مدى قدمه. ولكن

يجب انتظار اللحظة حين يصبح كلّ شيء متكاملاً ومترابطاً قبل الشروع بتحوّل تقني على درجات متفاوتة من الشمولية.

عالم جديد حقاً

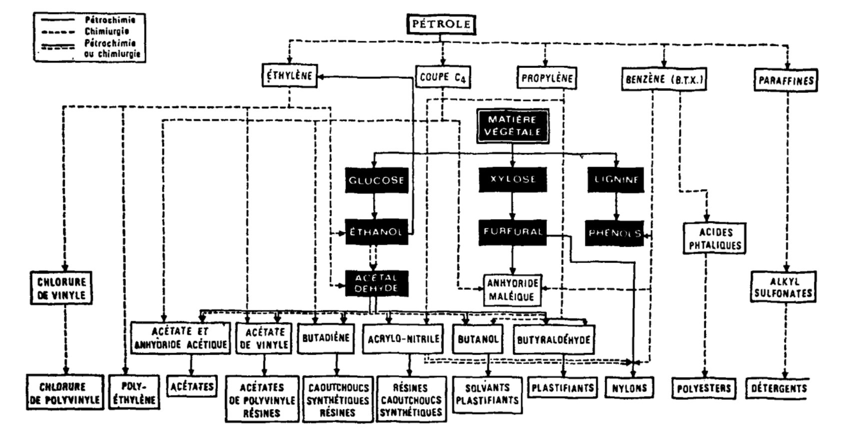
كلّنا يعي إلى التحوّل الاستثنائي الذي أحدثته في العالم التقنيات الجديدة. إنّ إدخال هذه التقنيات «قطع التوازنات الفضائية، غيّر في محيطات الوجود، أي ما يمثّل في آن واحد، حسب تعبير علماء الجغرافيا، مشاهد وأنماط الحياة». تلزمنا مجلّدات بحالها، ويوجد اليوم كمية منها، من أجل تحليل هذا التطوّر بأكمله، ميادين مفضّلة وميادين متخلّفة، قطاعات رائجة وقطاعات فقيرة، إختلالات التوازن، البدائل، إلخ... لهذا نقتصر في عرضنا على بعض المجالات المهمّة التي كان لها حصّة الأسد في عملية وضع النظام التقني المعاصر.

«الكيموة»

العبارة قد لا تكون لبقة ولكنّها تترجم واقعاً نلحظه في جميع الميادين. من أثاثنا إلى أدويتنا، من ملابسنا إلى سيّاراتنا أو سفن النزهة، كلّ شيء تقريباً يأتي من الكيمياء. الصناعة الكيميائية تبيع مباشرة للمستهلك 20% من إنتاجها، والباقي تعطيه للصناعات الأخرى تحت شكل سلع وسيطة أو مستهلكة بذاتها. إذا أخذنا كقاعدة 100 سنة 1962 يمكننا القول إنّنا في سنة 1973 كنّا بصدد 311 للكيمياء مقابل 197 لمجمل الصناعة. وعلى نفس القاعدة نستنتج للسنة 1973 الأرقام التالية: كيمياء عضوية، 502؛ كيمياء معدنية، 198؛ صناعات كيميائية أخرى (صيدلية، أصبغة، برنيق)، 208.

من بعض المواد الأوّلية نستخرج بعض المنتجات الأساسية، وعبر سلاسل من التفاعلات الكيميائية نصل إلى شجرة مثيرة للاهتمام (شكل 13). في الأعلى، بضع عشرات من المنتجات الأساسية وفي الأسفل عشرات آلاف المنتجات. «إنّ تعاقب التفاعلات الذي يحوّل منتجاً من الأعلى إلى منتج من الأسفل هو عبارة عن سياق إنتاجي. وتشكّل مجموعة هذه السياقات شبكة تُبرز في الوقت نفسه مدى تعقيد الإنتاج الكيميائي، منطقيته، مرونته ومتانته». ولأنّ الكيمياء استطاعت ابتكار تشكيلة رائعة من المنتجات فقد سيطرت على العالم أجمع. ولقد وعى إلى هذا مؤلّفو الخطّة الفرنسية: «خلال جيل واحد، سيقوم مجمل صناعة البلدان المتطوّرة على الكيمياء بما يقارب نسبة 80%».

أمّا استعمال المواد المنبثقة عن الصناعة الكيميائية فنجده في جميع الصناعات، إذ قلّما نجد أغراضاً لا تحتوي جزئياً على البلاستيك أو منتج آخر من الصناعة الكيميائية، دون أن ننسى بالطبع المواد المصنوعة كلّياً من هذه المنتجات. كذلك نعرف الحدود، والتي لا



شكل 13 ــ البتروكيمياء والصناعة الكيميائية.
(عن جريدة «لموند»).

تعود دون شكّ إلاّ للمواد المتداولة حالياً، أي حدود استعمال هذه المواد الجديدة، فقد سمعنا مثلاً عن احتراق مدرسة بسبب دهاناتها التي تحتوي على مواد بلاستيكية، وعن كلّ العوارض السيئة الناتجة عن القناني البلاستيكية. ولكن يبدو أنّه لم يعد بالإمكان عكس اتجاه الحركة. الصعوبة الوحيدة تكمن في التزويد بالمادّة الأوّلية، أي بشكل أساسي بالبترول: الأزمات البترولية وإستنفاد الطبقات الطبيعية تمثّل مشاكل صعبة أمام الأجيال اللاحقة من علماء الكيمياء.

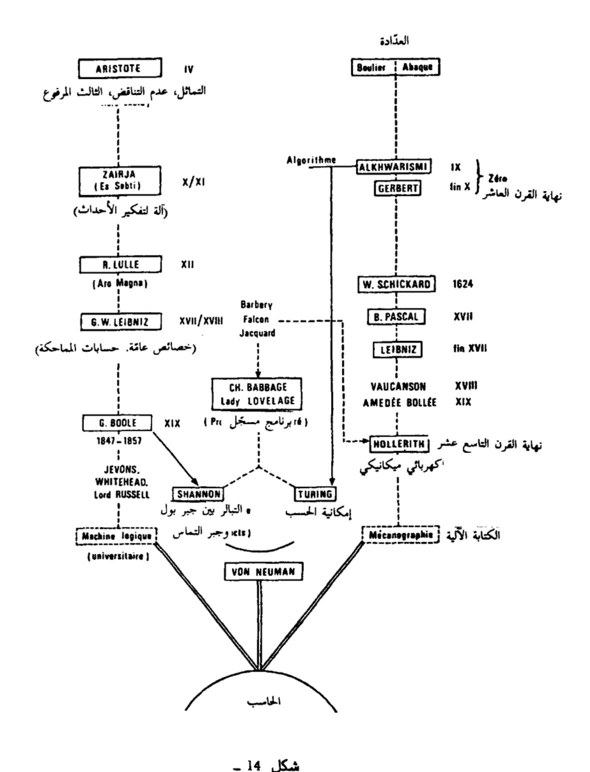
الحاسب الألكتروني (الكومبيوتر)

لقد أصبح الحاسب الألكتروني نوعاً ما رمز الحضارة الحديثة، وأصبحنا نراه أينما كان، في الإدارة، في الصناعة، في المحاسبة، في الرحلات الفضائية. إنّه يسهّل مهمّة الجميع، يحلّ كلّ المشاكل، يهدّد الحرّيات العامّة، حتّى أنّ إحدى قصص العلم الخرافي تصوّرت تزاوجه مع الجنس البشري.

يمثّل الحاسب بكلتيه عدداً كبيراً من الأفكار والتقنيات المتنوّعة، والتي يعود بعضها، كما يظهر مخطّطنا الصغير، إلى أوقات أحياناً بعيدة جدّاً (شكل 14). المسائل المنطقية، مسائل الحساب، وفكرة البرمجة تشكّل خطوط التطوّر الثلاثة التي أدّى اتحادها إلى ولادة الحاسب بجوهره. أمّا الوسيلة التقنية فكانت الالكترونيك.

فكرة البرنامج هي فكرة قديمة: استعملها ميكانيكيو الإسكندرية الإغريق بواسطة الحدبة. كما أنّ الفرنسيين بازيل بوشون Basile Bouchon، فوكانسون Vaucanson (الذي استعمل أيضاً الحدبة في مسيّراته الآلية)، وجاكار Jacquard اعتمدوا الكرتونات المثقوبة قبل أن نصل إلى هولريث Hollerith الذي ابتكر البطاقات المثقوبة عند بداية هذا القرن. ولكن ندين بتقدير كبير للإنكليزي باباج الذي أظهر في كتاب أصبح اليوم مشهوراً هو «Analytical Engine» أنّه بوسع «البرنامج» أن يُطبّق على عمليات فكرية. عبر تحليل عميق جدّاً كان يُبرز كلّ المفاهيم الأساسية في الحاسب الآلي: عمليّات الإدخال والإخراج، الذاكرة، البرنامج المنطقي. بعد ذلك وُضِع الرابط بينما لم يكن قد خدم سوى أعضاء آلية والعمليّات المنطقية المجرّدة. من جهة أخرى كان يستعمل كرّاس الكرتونات المثقوبة الذي كان قد وضعه الفرنسيون.

كذلك تعود الطرق الحسابية إلى عصر قديم جدّاً. كلّنا يعرف العدّادات التي أدّت، عبر علم الحساب، إلى الآلات الحاسبة: آلات للجمع اليدوي وضعها شيكارد Shickard (1624) وباسكال Pascal (1652)، وآلات لايبنيز Leibniz للعمليّات الأربع، عند نهاية القرن



شكل 14 -

(عن «ثورة المعلوماتية «Révolution Informatique»، باريس 1971).

السابع عشر. ولا مجال لأنّ نذكر كلّ التطوّرات التي جرت في القرن التاسع عشر وكانت عديدة وثابتة، قبل أن نصل إلى الآلات الإحصائية التي وضعها هولريث (1890) التي دمجت الميكانيك الكهربائي بالحساب وأدّت إلى الكتابة الآلية.

المسار المنطقي يمثل العنصر الأخير، ويمكننا أن نتبعه منذ أرسطو الذي وضع المبادىء الثلاثة الأساسية للمنطق الكلاسيكي، والتي طوّرها العرب وأغنوها. نمرّ على لايبنيز ونصل إلى جورج بول George Boole الذي قدّم في عملين نشرا سنة 1847 وسنة 1857 نوعاً من الجبر استعمل في ما بعد.

من النصف الثاني للقرن التاسع عشر إلى عشية الحرب العالمية الثانية مرّت التطوّرات بطيئة وغير ملحوظة نوعاً ما. نذكر اللورد كيلفن Kelvin الذي قدّم سنة 1876 مشروع أوّل آلة قياسية من أجل حلّ المعادلات التفاضلية ذات المعاملات المتغيّرة. في السنتين 1937-1938 لاحظ شانون Shannon تطابقاً بين جبر بول وجبر التماس. أمّا تورنغ Turing فقد اخترع آلته الألغورتمية الخيالية التي تُستخدم من أجل تحديد قابلية حساب المسائل. كما نجد فون نيومان Von Neumann الذي قال عندئذٍ بتحقيق آلة تركيبية تجمع الفكر المنطقي، الفكر الحسابي والبرنامج المسجّل. بعد ذلك اجتمع كلّ شيء، مع ظهور الألكترونيك، حتّى وصلنا إلى الحاسب.

لا شكّ في أنّه يجب أوّلاً ذكر «Z 4» للألماني كونراد زوس Konrad Zuse، الذي دُمّر في قصف قبل إتمامه. سنة 1944 ظهر في هارفرد Harvard الحاسب الآلي «ASCC» المسمّى أيضاً «ماك 1 Mak 1»، وهو عبارة عن آلة حاسبة كبيرة، أوّل آلة عالمية غير متخصّصة، ولا تمثّل بالنهاية أيّ تجديد يذكر. ثمّ أخرجت جامعة بنسلفانيا حاسبها الآلي الألكتروني «إنياك Eniac» سنة 1946، بفضل ج - ب. إيكرت J. - P. Eckert وج. و. موشلي J. W. Mauchly، وكانت هذه الآلة تحتوي على 18000 لمبة من النوع التقليدي وتتطلّب 100 كيلو واط. هذان الجهازان كان ضخمي الحجم فعلاً، يشغلان بناية بحالها ويستهلكان من الكهرباء قدر ما يستهلكه مصنع صغير، كما كانا يتطلّبان تجهيزات كبيرة للتبريد وصيانة مكلفة كثيراً من حيث التغيير المستمرّ للّمبات. لهذا كانا عبارة عن محاولة أولى قام بعدها الاختيار بين الحاسبات بالقياس التي لا تتمتّع بدقّة كبيرة، والحاسبات العددية. هذه الحاسبات تتضمّن مدخلاً، ذاكرة، مركز الحساب، ومخرجاً؛ الكلّ قائماً على النظام الثنائي، مع جهاز لحالتين، 1,0، قاطع للتيار، ومقوٍّ، ولمبة وصمام ثنائي شبه موصل. تقوم الذاكرة بتسجيل المعطيات والنتائج، ومن جهة أخرى البرامج، وكانت الذاكرات كذلك ممغنطة لحالتين. بالإمكان تجزئة كلّ مسألة قابلة للحل إلى عدد من العمليات

المنطقية النموذجية، ويتمّ تنظيمها عبر البرنامج، إمّا بالطباعة مغنطيسياً، إمّا بالبطاقات المثقوبة.

بالنسبة للحاسب «ماك 1» فإنّه رغم حدوده عرف أهميّة كبيرة بالنسبة لتطوير هذه التقنية. من سنة 1948 إلى سنة 1960، قامت هارفرد، ثمّ معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بصناعة آلات أكثر فأكثر إتقاناً، خاصّة تحت إشراف أيكن Aiken. «إدفاك EDVAC» سنة 1948 الذي وضعه نفس فريق عمل «إنياك»، ثم «سياك SEAC» الذي وضعته سنة 1949 الوكالة الوطنية للستاندارد في واشنطن National Bureau of Standard in Washington، اعتمدا للذاكرة خطوطاً زئبقية يمكن لكلّ منها تخزين نحو 400 عنصر ثنائي. «إدفاك» في الواقع هو الحاسب الأوّل، ولكن كان يجب الاتّجاه نحو التبسيط وتصغير ملحوظ للأبعاد. «إدساك 1 EDSAC 1» الذي وضع في كامبردج Cambridge (1949) لم يكن يتضمّن سوى ثلاثة آلاف لمبة وكان أسرع بستّ مرّات، كما كان من جهة أخرى عبارة عن أوّل حاسب ببرنامج داخلي.

هنا كنّا ما نزال في مرحلة الأبحاث، وبشكل خاص الأبحاث الجامعية. لم يكن يبدو وللوهلة الأولى أيّ مجال لتنظيم شبكة تجارية بالنسبة لهذه الأجهزة. ولكن سنة 1950 أسّس فريق عمل «إنياك» شركة تجارية، «يونيفاك UNIVAC»، كانت الوحيدة التي اهتمّت، على الأقلّ في «الولايات المتّحدة» بتتجير الحاسبات، حتّى سنة 1955. إلاّ أنّنا نذكر أنّ «ليو LEO»، الحاسب المنبثق عن «إدساك EDSAC»، كان أوّل حاسب تجاري وضعته الشركة اللندنية ليونز Lyons، سنة 1953. عندئذ انجذبت شركة آي. بي. إم IBM بالأمر وطلبت من رمنغتون راند Remington Rand أن يضع حاسباً قابلاً للمبيع. ومن الملاحظ أنّه عندئذ لم يكن يُفكر إلاّ بمجالات التصريف العلمية والعسكرية وأنّ مسألة إدارة الأعمال كانت منسيّة. عن هذا المجهود نتج الحاسب «701» سنة 1953 والحاسب «650» سنة 1954، الذي عرف نجاحاً منقطع النظير وبيع منه أكثر من ألف نسخة.

بين السنتين 1951 و 1958 تتابعت الأبحاث. كانت حاسبات «إيس ACE» البريطانية وحاسبات «ماك» من هارفرد عبارة عن تحسينات تدريجية. عندئذ جرى وضع أنواع أخرى من الذاكرات (1950-1954)، لا سيّما الذاكرات الألكتروستاتية حيث تُخزّن المعلومة بشكل شحنات كهربائية على سطح عازل، وأهمّ مثل نعطيه على هذا الأمر هو الطبل المغنطيسي في الحاسبين «أديك ADEC» و «ماك 3».

بعد هذه المرحلة الأولى من «التعميم» لم يكن بعد الكومبيوتر سوى آلة حاسبة كبيرة، تعمل بالميلّيثانية، دمية نوعاً ما عمياء وبكماء، ذات ذاكرة قصيرة. تُدخل إليها

القليل من المعطيات ونخرج منها القليل من النتائج. ولكن كان هناك مستقبل واعد، من ناحية نحو إتقانات كامنة، ومن ناحية أخرى نحو سوق يفتح أبوابه. «يونيفاك 1»، الآلة الأبجعدية الأولى، كانت أيضاً أوّل آلة وضِعت صناعياً، وقد رأينا كيف افتتحت الليونز Lyons الحلقة التجارية.

أمّا الجيل الثاني، الذي لاحت تباشيره خلال السنوات 1958-1960، فيمثّل تحوّلاً كبيراً. لقد تغيّرت خصائص الآلات بالكامل: حلقات المركّب الحديدي في الذاكرة (نحو 1955)، منطق بترانزستورات، تنظيم جديد لتبادل المعلومات عبر العناصر شبه الموصلة. لقد جرت تطوّرات سريعة مع المركّبات الجديدة والتقنيات الجديدة في التجميع وأدّت إلى تخفيض كبير من الحجم. يتميّز الحاسب «709» من آي. بي. إم بذاكرة تَسَعْ أكثر من مليون عنصر ثنائي، وبعده بسنتين ظهرت النسخة المترنزة (مع ترانز ـ ستورات) «7090» وكانت أسرع بأربع مرّات. أمّا «غامّا 60، Gamma 60» الذي وضعته شركة بول Bull فقد كان، كما هو الحال غالباً في فرنسا، عبارة عن نجاح تقني وفشل تجاري ذريع. وأحياناً نجد إخفاقات تقنية كبيرة، مثل «آي. بي. إم 7030» الذي كان معدّاً لتحقيق مليون عملية منطقية في الثانية، ثمّ تُرِك كما الأمر بالنسبة للحاسب «أطلس Atlas» الإنكليزي الذي جرّبه فرّانتي Ferranti سنة 1961 في جامعة مانشستر، وكان يعاني من صعوبات جمّة. بالمقابل أمكن التوصّل إلى تزامن عمليات عديدة خلال السنتين 1959-1960.

بعد ذلك انتقلنا إلى الميكروثانية. وكانت الترانزستوارت، والذاكرات ذات المركّب الحديدي تسمح بتخفيض حجم الأجهزة وتزيد من سرعتها ومن تعقيدها. وصلنا إلى بضع عشرات آلاف العمليات في الثانية الواحدة، وفي نفس الوقت ازدادت سُرعة الطابعات وجرى تطوير قارئات الأشرطة المثقوبة ومسلسِلات الأشرطة المغنطيسية، القادرة على تخزين وإعادة قراءة معطيات بعدد كان ما يزال محدوداً نسبياً.

الجيل الثالث من الحاسبات ظهر نحو سنة 1964 وتطوّر بسرعة انطلاقاً من السنة التالية. كنّا قد وصلنا إلى الوحدة المصغّرة. تتألّف الوحدة التقليدية من قطعة خزف مستطيلة بمساحة سم 2 تحمل مركّبات مصغّرة، ويكدّس العديد من هذه القطع الواحدة فوق الأخرى وتتّصل ببعضها بأسلاك عامودية تلعب في نفس الوقت دور الوصلات الكهربائية والركيزة. كان من الممكن الوصول إلى كثافة تبلغ ستّة مركّبات في السنتيمتر المكعب الواحد. بعد ذلك لم نعد نصنع مركّبات معزولة، بل أصبحت تدخل في الكتلة على شكل أغشية على الزجاج أو الخزف، في نفس الوقت مع الترانزستورات والوصلات التي تربطها. من أجل صناعة هذه «الدارات المتكاملة» كنا نعود على التوالي إلى تقنيات مثل

التشعّث، الحفر، المزج والتبخّر. ويتابع الكتاب الذي استقينا منه هذه التفاصيل: «توصّلنا إلى كثافات تبلغ ستّين مركّباً في السنتيمتر المكعّب الواحد وهذا مع سلامة في التشغيل لم تكن قد عرفتها بعد الطرق السابقة». الوحدات المصغّرة والدارات المتكاملة كانت أساس هذا الجيل الثالث.

إذا كان الجهاز من حيث بنيته قد أتقن وصُغّر كان يجب أيضاً تطوير طريقة شغله. من الحاسب المدموج سلكياً، أي القادر على سلسلة من العمليات حسب ترتيب معيّن، انتقلنا إلى التحكّم المدموج سلكياً: عندئذ كنا نكتفي «بوصل» وظائف أوّلية جدّاً. إذن كان يجب النزول إلى المستويات الأكثر أوليّة، ممّا كان يحدّ من الدارات الألكترونية إلى بعض الأصناف. هكذا كنّا نسير نحو الميكرو برامج ممّا كان يغني عن شغل وإجهاد الذاكرة المركزية. من جهة كان يجب تصغير عدد البرامج المطلوب إدخالها في نفس الوقت والطلب من المبرمجين جهوداً كبيرة لتصغير حجم البرامج. ثمّ ظهر نوع جديد من الذاكرات، سمّي بالذاكرة التي لا تتبدّل، وكان يسمح بتفكيك ـ من البنية الداخلية للوحدة المركزية ـ مجموعة التعليمات الموضوعة في تصرّف المستقبل. إذا كنّا بصدد ذاكرة لا تتبدّل للقراءة فقط، نغيّر فقط وبكلّ بساطة الركيزة الفيزيائية، أي بشكل عام خريطة دارات ألكترونية تبلغ مساحتها بعض الدسيمترات المربّعة.

أما تعدّد البرامج فهو خاصية الحاسب بأن يتضمّن في نفس الوقت في ذاكرته برامج مختلفة بشكل لا تشغل معه جميعها في آن واحد نفس وحدات الإدخال / الإخراج. وقد أخذ تعدّد البرامج بعداً أكيداً منذ إدخال مفهوم الوقت المشترك، وهو عبارة عن طريقة تشغيل للبرامج تخصّص لكلّ منها فسحة مساوية من وقت التنفيذ خلال فترة قصيرة بما فيه الكفاية كي نشعر «بتزامن» ظاهري يتحقّق. لقد أمكن تحقيق تسلسلات متراكبة وصلت إلى نهايتها في آن واحد: كما لو أنّ هناك عدّة حاسبات داخل حاسب واحد. بالنسبة لتعدّد المعالجة فإنّ البرامج تسير، غير متشابكة، بالضبط في نفس الوقت، كما لو كان لدينا مجمّع من الحاسبات.

ثمّ سعينا نحو تحسين عمل الأجهزة الجديدة. الذاكرة هي قسم أساسي ولكن باهظ جدّاً، إلى هذا نضيف تضخيم الذاكرات المركزية بسبب تعدّد البرامج والوقت المشترك. تقوم وحدة الحساب بالحسابات والعمليات المنطقية المتعلّقة بالذاكرة المركزية التي تحتوي إذن التعليمات والمعطيات المنوطة بالبرنامج المطلوب تنفيذه، على اتّصال مع كلّ عناصر الحاسبة وبشكل خاص أجهزة الإدخال والإخراج الطرفية والذاكرات المساعدة، الأبطأ ولكن ذات السعة الأكبر بكثير. إذن تتوقّف قوّة الكومبيوتر على خصائص عمل

مختلف الوحدات ومنسوبها، ولكن أيضاً، بشكل غير مباشر، على سعة الذاكرة المركزية. حتّى ذاك الوقت لم يكن هناك سوى عنوان واحد للمعلومة هو العنوان الحقيقي. ابتكرت شركة آي. بي. إم ذاكرة إفتراضية، فحصلنا إذن على عنوان ثان هو العنوان الافتراضي، وبفضل «المترجم الديناميكي للعنوان» فإنّ الانتقال من العنوان إلى الذاكرة المركزية أصبح أوتوماتيكياً. إذن يمكننا اليوم الحصول على ذاكرات مساعدة كبيرة السعة.

كذلك تحقّق تطوّران آخران: المعلوماتية البرقية وشبكات الحاسبات المترابطة، وقد كان الفضل في ظهورهما للتحسينات السابقة. أصبح يكفينا منضدة عرض مرئي واحدة أو مجرّد هاتف كي نسأل الكومبيوتر مسافياً، وهذا ما يسمّى بالطرفي. إذن بإمكان كومبيوتر يتمتّع بخاصية تعدّد البرامج والوقت المشترك أن يخدم عدّة أشخاص في نفس الوقت، ممّا يخفف كثيراً من تكاليف منشأة معلوماتية. إنّ القسم الأكبر من الحسابات التي تقوم بها الحاسبات يستعمل معطيات مدوّنة في سجلاّت أو في ذاكرات. إذن في حال أردنا إجراء بعض الحسابات يجب التوجّه إلى الحاسب الذي يملك هذه المعطيات، والشيء نفسه إذا أردنا استعمال برنامج معيّن. مذ ذاك لم تعد السجّلات، الذاكرات والبرامج ملحقة بحاسب محدّد، فالترابط يسمح للعديد من الحاسبات أن تستخدم مجموعة من السجّلات والبرامج. هكذا أصبح بالإمكان التوجّه بالسؤال ليس إلى حاسب واحد وحسب بل إلى مجموعة من الحاسبات، ومجموعة من الحاسبات قد تكون ذات ماركات مختلفة. المشكلة الأصعب تكمن في الترجمة من لغة لأخرى، ولكنّها ليست مشكلة مستعصية الحلّ. ونشير إلى أنّ أوّل شبكة حاسبات أقيمت في الولايات المتّحدة سنة 1968.

أمّا أحدث الابتكارات فكانت حاسبات الجيب، وقد أمكن تحقيقها بفضل الدارات المتكاملة والميني برمجة النموذجية. في الواقع لقد أمكن إدخال ما بين أربعة (العمليات الأساسية الأربع) وعشرة برامج وأحياناً ذاكرة صغيرة.

في 7 نيسان 1946 عندما قدّمت شركة آي. بي. إم سلسلة حاسباتها 360، كانت إذن قد فتحت طريقاً جديداً كلّياً. فحتّى ذاك التاريخ كان لدينا الكومبيوتر الكبير عامّ الاستعمال وحاسبات صناعية أسهل، ولكن ذات مهمّة محدّدة. وبعد ذاك التاريخ أصبح لدينا ميني وميكرو كومبيوترات عامّة تدخل كإحدى المركّبات في الأنظمة الصناعية كما يمكن أن تلحق بمهمّات ثابتة.

نعرف تماماً أنّ التطوّر لم ينته وأنّ المختبرات تدأب في العمل. يتميّز الجيل الرابع من الحاسبات بدارات متكاملة خارقة مع معات وحتّى ملايين الترانزستورات، بذاكرات بصرية كبيرة السعة، وأنظمة عرض مرئي بالغة الاتقان، وطرق برمجة جديدة. لقد صغّر حجم

الحاسب، سرعته وسعته تأخذان في الازدياد، استعماله ما زال يسهل ويتنوّع أكثر، وسعره يتناقص. يعتمد الجيل الرابع على نظام متفوّق في تعدّد المعالجة، معمّماً الترابطات، بشكل يمكن معه اعتبار كلّ جهاز كجهاز طرفي بالنسبة لسائر الأجهزة، كما بإمكان الجميع أن تعمل سويّة. كذلك أصبحت طريقة البلوغ المباشر رائجة في صفوف هذا الجيل.

ولكن ألا يمكننا هنا أيضاً توقّع حدود الحاسبات؟ فالحاسب لن يمكنه القيام بكل شيء، فهو بحاجة كي يعمل إلى طريقة خوارزمية من أجل حلّ المشاكل التي تُطرح عليه. وقد أظهر الرياضي الروسي ماركوف Markov وجود أنواع من المشاكل لا يمكن حلّها بواسطة خوارزم (ألغوريتم). وحتّى وإن كانت بعض المشاكل تُحلّ عن طريق الخوارزم فقد تكون معقّدة لدرجة تمنع أيّ آلة من حلّها عملياً. كما أشير إلى مسألة الشطرنج، ومع هذا جرت في آب 1974 أوّل بطولة عالمية لبرامج الشطرنج عبر الحاسبات في ستوكهولم. «ذكاء محدود، لا يسمح لها بتجاوز مستوى هاو جيّد. ولكن ذكاء من حيث قدرتها على أن تختار، في وضع يكون فيه عدد الاحتمالات غير متناه، إن لم يكن النقلة الأفضل فعلى الأقل نقلة جيّدة، وعلى أن تتبع شيئاً فشيئاً خطّة رابحة». نحن هنا بصدد بحث باطل دون شك، لكن الأبحاث حول البرمجة كانت مفيدة في مجالات أخرى. على أيّ حال يبقى مستقبل الكومبيوتر التقني مفتوحاً.

التآلية

الفكرة قديمة نسبياً، ولكنّها تطوّرت بشكل سريع للغاية منذ الحرب العالمية الثانية لدرجة ما نزال نتردّد معها بالنسبة للعبارة التي يجب استعمالها. فالآلية، التآلّي والتآلية تمثّل مفردات لم تترسّخ بعد تماماً في الأذهان. يُقال إنّ التآلّي هو تكامل عدد معيّن من الآليات، وهناك من يحدّد «التآلية كوسيلة لاستبدال وتضخيم العمل البشري الجسدي أو الفكري بعمل الآلة في عمليّات التحليل، التنظيم والإدارة. يمكننا القول إنّ التآلية تضيف بعداً جديداً للإنتاج. ونميّزها عن التطوّرات التقنية الأخرى بعدم كونها هي نفسها طريقة إنتاج معيّنة، بل بأنّها تحسّن وتعجّل الطرق الموجودة، محضّرة بهذا الطريق أمام إتقانات جديدة».

يميّز أحد تقارير منظمة الأمم المتّحدة ثلاث مراحل في تطوّر التآلية:

(الأولى، التي بدأت نحو الأربعينات، هي مرحلة) وضع مبدّل هوائي أو كهربائي ثلاثي الحالة (محايد، إيجابي، سلبي)، معدّ لضبط مختلف العمليات الصناعية؛ وهو وراء تعميم استعمال حلقات التحكّم الأتوماتيكية للحرارات، الضغوطات، المستويات، التكثيفات ومتغيّرات فيزيائية وكيميائية أخرى. عند هذا المستوى، تعمل مختلف حلقات التحكّم الأتوماتيكية بشكل عام بصورة تستقلّ فيها الواحدة عن الأخرى حسب برنامج

موضوع مسبقاً، فيبقى التنسيق بينها بحاجة إلى العديد من عمليات المراقبة والتدخّل اليدوي. في المرحلة الثانية، امتدّت المراقبة الأتوماتيكية إلى عمليّات التحكّم والتنسيق هذه. لهذا وضعت أدوات مراقبة متّصلة بكاشفات بوسعها أن تتبع بشكل متواصل سير عملية الإنتاج. بعبارة أخرى تؤثّر كلّ من حلقات التحكّم المختلفة على الأخرى وتواجه أوتوماتيكياً الاختلالات غير المتوقّعة أو التعديلات التي تدخل في سياق الإنتاج، بصورة يجري معها هذا السياق مطابقاً للمخطّط المقرّر. إنّ أوّل تطبيق عملي لعمليات المراقبة هذه في السياقات الصناعية والآلات ـ الأدوات يعود إلى السنوات 1955-1960. أمّا المرحلة الثالثة، التي بدأت في الستّينات، فهي مرحلة تطوّر القيادة بواسطة الحاسب الألكتروني. فاستعمال الحاسب يسمح بتعديل المخطّط الموضوع مسبقاً لسياق الإنتاج تبعاً لاحتياجات إدارة وبرنامج الإنتاج.

في مجال الإنتاج الصناعي، حقّق التألّي تطوّرات كبيرة. بالطبع الآلات ذات العمل المتواصل هي قديمة: فهي تعود بالنسبة للورق إلى نهاية القرن الثامن عشر كما أنّ المصهر العالي، المعروف منذ القرن الخامس عشر، هو جهاز متواصل السير، والشيء نفسه بالنسبة للزجاج ولكن في فترة أحدث. في مجال التصنيع البحت نعرف المصفّحات المتواصلة، على الحار أو على البارد. نستنتج كذلك نفس التعميم، نفس الامتداد إلى مجال الآلات ـ الأدوات، فانطلاقاً من العام 1840 بدأت الآلات ـ الأدوات تصبح أوتوماتيكية. كما أنّ ظهور المحرّك الكهربائي ساعد كثيراً على انتشار الآلية، إذ إنّ المحرّك يقوم بالعمل المطلوب عبر نظام من التحكّمات الميكانيكية، التشبيكات، الجزوع، وأواليات عديدة أخرى. إذن أصبح بإمكاننا الإسراع في العمل، معايرة المنتوجات بشكل أسهل وتصنيع قطع أكبر بكثير. إذن على أساس الآلية هذا إنضاف ما نسمّيه بالتألية.

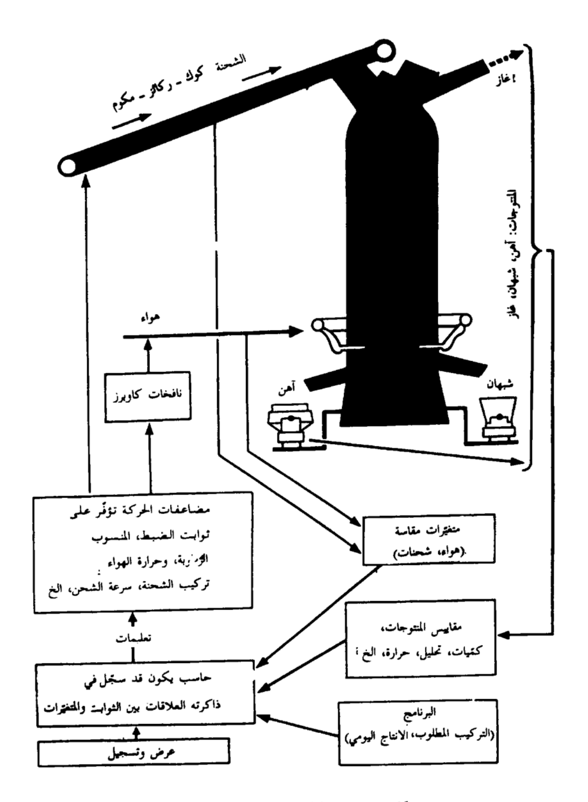
إذا أخذنا أيّ سياق للإنتاج نرى أنّه يجب الانطلاق من المادّة الخام للوصول إلى المنتوج النهائي. على التألية أن تنسّق وتربط بين مختلف الآليات الموجودة، وأن تسدّ ثغرات الآلية التي قد تتواجد. إذن تصبح الآلات مترابطة كما في سلسلة، وملقّمة بانتظام بالمواد الخام أو نصف المشغولة. أوّلاً نلاحظ تحريك السلع يدوياً داخل المصنع، والمعالجة اليدوية عبر تقديم القطع للآلات كي تأخذها، والنقل أي تدرّج القطعة من آلة إلى أخرى. منذ الحرب العالمية الثانية انصب الجهد بصورة أساسية على هذه المسائل، مكمّلاً بهذا الآلية التي كانت قد اكتسبتها بعض الآلات. ومن أهمّ عناصر تجهيزات المعالجة الأتوماتيكية نذكر مجسّات المرور، مجسّات تصريف المواد، صفائح التوجيه مسافياً، نقل العربات القلاّبة آلياً، مؤشّرات المستوى المتواصلة وغير المتواصلة في التحكّم بتعبئة القواديس،

موازين إلقام النقّالات الآلية والشحن، ضبط المنسوب في تفريغ القواديس، وأجهزة التشوير الصوتي والضوئي. بشكل عام يمكن إدارة كلّ هذه التجهيزات انطلاقاً من منضدة تحكّم مركزية. ونذكّر بأنّ كلمة «تآلّ» وضعها د. س. هاردر D.S. Harder، أحد مدراء شركة فورد، بالتحديد لما يتعلّق بالمعالجة المتآليّة.

بعد ذلك أمكن تآلية ما كان ممكناً. فاستبدلت الآلات ـ الأدوات التقليدية بمخارط أو مفرّزات تعمل على نسخ نموذج معيّن، وبمقوّمات توجّه آلياً بواسطة تكبير مقاطعها بصرياً. واليوم استبدلنا هذه الآلات بدورها بآلات ـ أدوات موجّهة عددياً، وبفضل التلقيم الآلي لهذه المكنات يمكننا وضعها الواحدة تلو الأخرى والحصول على صناعة متواصلة: ظهور الآلات المنقّلة عند نهاية الحرب الثانية لا سيّما في مجال صناعة السيّارات. إنّ صعوبة مكننة بعض عمليّات التجميع تحول، على الأقلّ في الصناعة الميكانيكية، دون فكرة تآلية صناعة معيّنة بشكل كامل.

في مجال الصناعة الحديدية، أدّت التآلية إلى إنجاز تطوّرات كبيرة (شكل 15). يتمّ تحضير الركاز (التكويم) بواسطة آلات تزن وتحمّل أوتوماتيكياً، في حين يجري التحميص تحت ضبط آلي أيضاً. كذلك اتّجه إنتاج الآهن الخام اليوم في الأفران العالية نحو التآلية. فالأواليات تدير المعوّضات الحرارية، تضبط منسوب وحرارة الهواء الحار، تقيس حرارة الآهن خلال الصهر، توزّع آلياً الهواء داخل المواسير، تقيس مستوى المغطس بواسطة مسبار متواصل التأشير أو بطريقة النظائر، وتضبط تسخين الغاز؛ هي أيضاً التي تؤمّن الشحن بالكوك، بالركاز وبمسهّلات الانصهار، كما تؤمّن توزيع المزيج وتوجيه الجرس. على سبيل التجربة حقّق ضبط العملية بواسطة الحاسب مع تسوية آلية للمقاييس بقيمتها الاسمية. أمّا في سلاسل التصفيح المتآلّية كلّياً فإنّ ضبط المصفّحات يتمّ بواسطة البطاقات المثقوبة أو الذاكرات الإلكترونية. كذلك على سبيل التجربة، أقيمت مصانع للفولاذ تُوجّه انطلاقاً من مركز كومبيوتر متّصل بها. وكان إدخال الحلقة المقفلة الكهربائية عبارة عن التجديد الحاسم في التآلية.

خلال السنتين 1964-1965 حقّقت التآلية في منجمي فحم حجري في إنكلترا هما نيوستيد Newstead وأورموند Ormonde. هكذا توصّلنا إلى استخراج أربعة أطنان في الدقيقة الواحدة. كما أنّ شركة بيتستون Pittston كانت قد أنفقت 30 مليون دولار خلال السنوات 1958-1960 من أجل مكننة بئر واحد في فرجينيا الغربية. وصلنا عندئذٍ إلى 30000 طنّ في اليوم الواحد. ولكن لا يجب أن ننسى أنّ هذه التجهيزات تطلّبت شروطاً طبيعية خاصّة.



شكل 15 - مخطط نظري لتآلية فرن عال شاملة.
(عن مجلة «العلم والحياة»، l'Automatisme، عدد خاص، 1964).

بالنسبة للسلاسل المنقّلة في صنع مختلف قطع الأسطوانات والكتل المحرّكة فقد وضعت موضع العمل سنة 1948، في دترويت Detroit، وكانت تنجز 550 عملية خلال 15 دقيقة. ثمّ امتدّت هذه التقنية إلى الكتل المحرّكة، إلى قولبة الكتل، إلى تركيب المحرّكات. في ما مضى كان صنع الكتلة المحرّكة يتطلّب 400 عامل يعمل 40 دقيقة؛ اليوم يلزم 48 عاملاً يعمل 20 دقيقة. منذ سبعين سنة كانت السيّارة تتطلّب 15000 ساعة عمل، أمّا سيّارة سنة 1957، المعقّدة أكثر بكثير من سابقتها، فلم تكن تتطلّب أكثر من 1000 ساعة. أربع عشرة آلة لصنع الزجاج المقعّر، مع عامل واحد لكلّ منها، تصنع 90% من بصيلات المصابيح الكهربائية، ولمبات أجهزة استقبال الراديو والتلفزيون في الولايات المتّحدة.

في مجال تكرير البترول كانت التآلية سريعة جدّاً. إنّ مصفاة إيسّو Esso في فولي Fawley في بريطانيا تنظّم فريقاً من ستّة أشخاص من أجل تكرير 25 مليون ليتر من البترول يومياً.

في الواقع، وفي ما يتعلّق بصناعة المنتوجات، استبدلت البنية المستطيلة لآلات الماضي ببنية دائرية. فكما قلنا كان إدخال الحلقة الكهربائية المقفلة التجديد الحاسم في التآلية. كما أشار ج. فريدمان G. Friedmann إلى أنّنا كنّا نتّجه بهذه الطريقة نحو إعادة تأليف عمل كان في ما مضى متشتّتاً. «ينزع التطوّر التقني، من حيث جدليته الداخلية، إلى إعادة تشكيل معيار جديد لوحدة العمل في الآلات الأتوماتيكية متعدّدة المهام وعلى صعيد جديد».

من الصعب أن نحدّد حالياً القسم المتآلي في الإنتاج. كلّما كانت عمليّات الإنتاج أكثر تعقيداً، تضعف فرصة إدخال التآلية. في فرنسا هناك أربعة قطاعات تتقاسم 60% من الاستثمارات المخصّصة للتآلية: الكيمياء 30%؛ البترول 15%؛ الصناعة المعدنية 7%؛ الطاقة الكهربائية7 %.

ودور التآلية في المجال الصناعي لا يقتصر فقط على عمليات الصنع، بل إنها تلعب دوراً آخر في مجال لا يقلّ أهمّية هو مجال القياسات والمراقبة، متكيّفة بالطبع مع أنظمة تسمح، أوتوماتيكياً أيضاً، بتصحيح الأخطاء.

بعض القياسات يسهل القيام بها مع أجهزة تسجيل أوتوماتيكية: هكذا مثلاً بالنسبة للأبعاد، للحرارت، إلخ.. في الواقع يتعلّق التطوّر الأكبر أوّلاً بالدقّة المتزايدة لأدوات القياس. ونعرف مدى التقدّم الذي حقّقته هذه التقنية، فالدقّة التي يعتبرها البعض خاصية وحيدة تحيط في الحقيقة بكمّية من المفاهيم المختلفة مثل الحساسية، تضخيم الحجم، السلامة،

إلخ... هكذا تمّ مثلاً صنع آلات لتصنيف كريّات فولاذية عالية الدقّة: ثلاث عشرة مجموعة بدقّة 0,25 ميكرون، 5000 قطعة في الساعة الواحدة. يتمّ التحقّق من هندسة كروية جيّدة عبر تكرار العديد من التصنيفات المتتالية لكمّية واحدة. وطبعاً، مع تقدّم الصناعات بالجملة أصبحت التساهلات في البعد وفي الوزن مشدودة أكثر. في أبسط الحالات، تُسحب وتُجمع في ثلاث فئات: جيّدة، رديئة، للتقويم. بالنسبة لسلاسل التصفيح المتواصل فإنّها تتضمّن آليات متعاقبة من أجل تعيين وأخذ البكرات وكذلك من أجل ضبطها أوتوماتيكياً. في ورّاقات السبائك الفولاذية نحدّد الطول الأمثل للقطعة بواسطة حاسب ألكتروني متّصل بالآلة، وفي المصفّحات على البارد التي تتضمّن ثلاثة، أربعة أو خمسة أقفاص متواصلة نعتمد اليوم ضبطاً أوتوماتيكياً لسماكة المطائل: هناك مقياس أوّل للسماكة بأشعّة إكس X نضعه بعد القفص رقم 1 يؤثّر على شدّ هذا القفص مثيراً حركة اللوالب في الاتّجاه المطلوب، ونكمل هذا العمل المصغّر بعمل مقياس ثان، كذلك على الأشعّة X، نضعه بعد القفص الأخير. وتأتي الدقّة الحاصلة ممتازة: حيث فارق السماكة لا يتعدّى الميكرون إن وجد.

كذلك يمكن لعمليات المراقبة أن تطال نوعية المنتوجات. هنا أيضاً شهدت طرق الملاحظة تطويراً كبيراً وأصبح من السهل، بمساعدة الدارات الإلكترونية، معرفة ما إذا كانت النوعيات المستبانة تتطابق مع برنامج الصناعة أو لا تتطابق. في بعض الأحيان تكون عمليات المراقبة هذه متبوعة بتصحيحات أوتوماتيكية. هكذا فإنّ التألية لا تسمح بزيادة ملحوظة في الإنتاج وباستعمال أفضل لأجهزة الإنتاج وحسب، بل أيضاً بتحسين نوعية المنتوجات.

أحد أواخر تطبيقات التألية يتعلّق بالمواصلات. في هذا المجال أيضاً تعود أولى المحاولات إلى وقت قديم نسبياً؛ هكذا مثلاً بالنسبة «لجهاز التشوير» الآلي للقطارات المتتابعة على نفس الخط المقسّم إلى أجزاء نحمي كلاً منها بواسطة إشارة معيّنة. لكن التطوّرات كانت ملحوظة بعد الحرب مباشرة، والآن أصبحت أجهزة التوجيه تتمتّع بمولّدات آلية. إذن متى يكون بالإمكان التحكّم بهذه الأجهزة عن بعد يصبح بالإمكان تألية سير القطارات في قطاع معيّن تبعاً لبرنامج موضوع مسبقاً. في فرنسا جرّبت الطريقة لأوّل مرّة في قطاع دول ـ فالورب Dole-Vallorbe، وعمّمت اليوم إلى المناطق التي تشهد حركة مرور كثيفة، لا سيّما في ضواحي المدن الكبيرة.

بالنسبة لتكرار الإشارات فإنه رأى النور في فرنسا سنة 1872، ومع الدارات الكهربائية والتوزيعات الإلكترونية نتجاوز مرحلة تكرار الإشارات ونتوصّل إلى مراقبة سير القطار بأكمله إن على متن القطار نفسه أو في مراكز المراقبة المقامة على الخط.

بعد ذلك أصبح من الممكن وضع قطارات موجّهة عن بعد ودون سائق لها. أولى المحاولات تعود إلى الستينات بالنسبة للقاطرات الكهربائية، وفي شروط محدّدة جدّاً. لم يتمّ بعد حلّ جميع المشاكل، وقليلاً بعد وضع مترو سان فرنسيسكو الآلي موضع العمل حصل حادث أجبر المسؤولين على تعيين سائق على متنه. بالمقابل يُفترض أن يكون مترو منطقة ليل Lille في فرنسا متآلياً بالكامل دون أي سائق. بالنسبة للقطارات فالأمر غير ممكن إلاّ على خطوط خالية من أيّ حاجز ممكن، أي دون مزلقان (تقاطع سكّة الحديد مع الطرقات)، أو اجتياز للخطّ من قبل الطرائد. إلخ.. المحاولات حتّى الآن محدودة جدّاً.

أمّا في البحر والجو فقد أمكن تآلية سير الأجهزة بفضل الرادار الذي يعطي في الوقت نفسه المواقع، الاتجاهات والسرعات. في البحر، تقوم التآلية داخل السفينة: هي إذن جزئية ولكن تسمح بتخفيف كبير لعدد العناصر البشرية على متن السفينة. ونجدها بشكل عام في السفن الكبيرة، لا سيّما ناقلات البترول متوسّطة الحجم أو كبيرته. حالياً، من المستحيل تصوّر سفينة دون أيّ إنسان فيها، ولكن نشير إلى أنّ بعض الأدوات، ونذكر بصورة خاصة البوصلة الجيروسكوبية، تسمح بالإبحار في مكان مغلق تبعاً للضوء وللمشاهدات الكوكبية. بهذه الطريقة استطاعت غوّاصة أمريكية اجتياز القطب الشمالي تحت القنّة الثلجية.

إلى سبيري Sperry يعود الفضل في تحقيق أوّل طيران تلقائي جدير بهذه التسمية. ففي سنة 1914 وصل إ. سبيري E.A. Sperry إلى أوروبا على متن طائرة مائية من نوع كورتيس Curtiss كانت مجهّزة بنظام كهربائي للتثبيت الجيروسكوبي. كان سلف أجهزة الطيران التلقائية يثبّت الطائرة حول محاور تمايل وتموّر مشغّلاً بنفسه أجنحة التوازن والتحكّم بالارتفاع. عشية الحرب العالمية الثانية جرى تعميم هذه الأجهزة بعد اتقانها على الطائرات الحربية، على الأقلّ في الولايات المتّحدة. كان نقل الأوامر يتمّ عبر أجهزة هيدرو - هوائية، وقد وجب انتظار الإلكترونيك من أجل تطوير هذه التقنية. أوّل طائرة تلقائية الكترونية أنجزتها هانيويل Honeywell سنة 1914 وجهّزتها بآلاف من قاذفات القنابل. في أيلول 1947 دفع سلاح الجو الأمريكي طائرة النقل 54 - C إلى اجياز المسافة تيرنوف - بريطانيا Terre - Neuve - Grande - Britagne بطيران تلقائي كلّياً بما فيه الإقلاع والهبوط. ثمّ أدّت التحسينات المتتالية للجهاز إلى تخفيض واضح للوزن، وبالتالي إلى اعتماده على طائرات متوسّطة الحجم وصغيرته.

اليوم ينتشر تطبيق القيادة الأوتوماتيكية (التلقائية) وحتّى الهبوط التلقائي دون رؤية

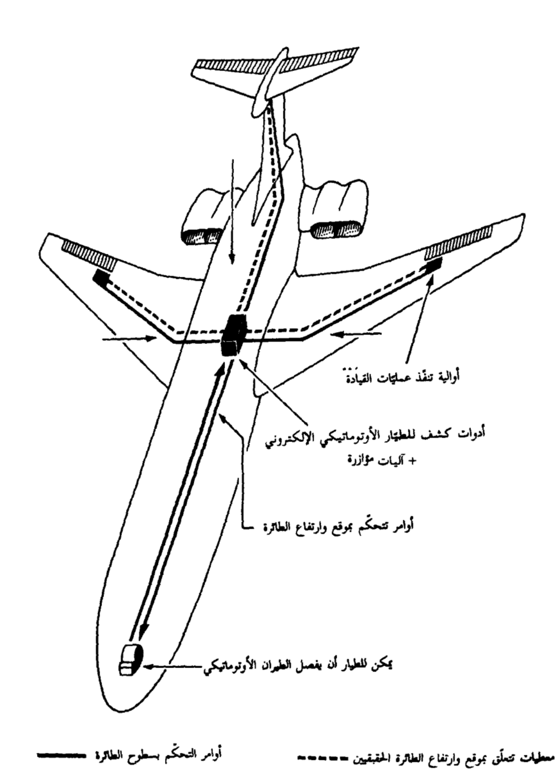
(شكل 16)، ونرى الدرجات الدنيا العملياتية، للرؤية الأفقية والرؤية العامودية، تنخفض يوماً بعد يوم. الشيء نفسه بالنسبة لمراقبة حركة المرور الجوّية التي أصبحت اليوم متآلّية كلّياً تقريباً. بعد ذلك أصبحت شبكات المراقبة تغطّي كلّ الأرض تقريباً، باستثناء المناطق التي يندر فيها المرور، أو حيث علو الجبال يعيق عبور أمواج الرادار، والراديو والموجات اللاسلكية. أمّا شروط العمل فتتوقّف، كما في كلّ تقنيات النقل تقريباً، على الأسيسة في الدرجة الأولى.

كما إنّ التألية كانت مفتاح الفضاء، فأجهزة التوجيه، الحاسبات، أجهزة مراقبة الارتفاع، مصادر القوّة، وسائل الاتصال المسافي، الأدوات وكلّ المجموعات البنيوية الثانوية تخضع في هذا المجال لمعايير خفّة في الوزن متناهية، وفعالية عالية، ودقّة ممتازة وإمكانية اشتغال لم نصل إليها قبل اليوم. المهمّات تنجز آلياً انطلاقاً من الأرض، مع إمكانية لأن يستعيد القائد، إن وجد، عمليات التحكّم؛ ولكن نعرف أن القسم الأعظم من هذه الأجهزة يسبح في الفضاء دون قائد. إذن كلّ شيء، بالكامل، يجب أن يكون متآلّياً: الحفاظ على ارتفاع محدّد في الفضاء، توجيه لوحات الخلايا الكهربائية الضوئية التي تعطي الطاقة، وضع آلات التصوير التلفزيونية، الشروع بكلّ العمليّات. إنّ دماغ القمر الاصطناعي الحقيقي يقيم على الأرض.

المواصلات

لقد شهد ميدان المواصلات ثورة تقنية حقيقية، على نفس القدر من الأهميّة إن لم يكن أكثر من الميادين التي سبق ذكرها. تقنيات جديدة، تقنيات قديمة تحوّلت كلّياً، كلّ شيء ساهم بإعطاء المواصلات صورة وشكل جديدين تماماً. يمكننا القول إنّ التحوّل حدث فجائياً بعد الحرب العالمية الثانية، بالرغم من بعض الميول التي لاحت قبل ذلك الحين. لقد كنّا نعرف قوّة السيارة والشاحنة أزاء وسائل النقل التقليدية، كما أنّ شركة بانام Pan Am كانت قد حقّقت، في 28 حزيران 1939، أوّل عبور تجاري لشمالي الأطلسي، بين مرسيليا وواشنطن، بواسطة الطائرة المائية العملاقة بوينغ 314 ديكسي كليبر Dixie Clipper، التي كانت تنقل اثني وعشرين مسافراً مع اثني عشر عضواً في طاقمها.

والتطورات كانت ضرورية بالنسبة لعاملين اثنين: الكمّيات والسرعات. فلا حاجة بنا لتفسير تزايد التبادلات التجارية وتوسّع انتقال الناس جغرافياً. كذلك الأمر بالنسبة للتركيز على السرعة التي أصبحت بحقّ ميزة عصرنا الحديث. ويصحّ القول بالنسبة لوسائل النقل التقليدية مثل سكّة الحديد أو السفينة كما بالنسبة للتقنيات الحديثة مثل الطائرة. كذلك هناك نقطة يتعيّن التركيز عليها: لا شكّ في أنّ تطوّر المواصلات أدّى إلى تحويل كبير في



شكل 16 ــ تصميم القيادة الأوتوماتيكية.

(عن س. هاندل S. Handel، La Re pvolution de l'e plectronique، فيرفييه Verviers، 1969).

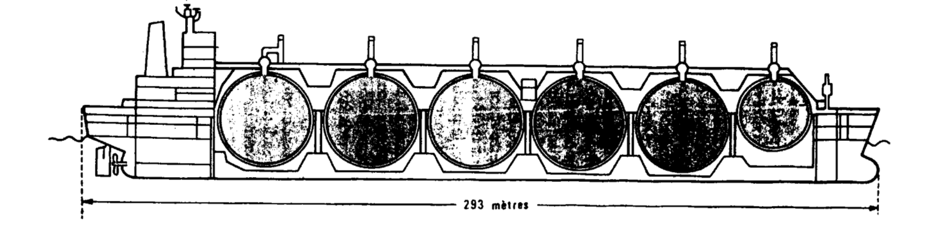
الأسيسات، ولكن هنا نتج عن تأخّر بعض التقنيات ارتفاع في التكاليف وبطء في التنفيذ. ومن المدهش أن نلاحظ أنّه كان يُشقّ سنوياً خطوط في ظلّ الإمبراطورية الثانية في فرنسا أكثر بكثير ممّا نشقّ اليوم طرقاً سيّارة.

لا شكّ في أنّ السفينة تغيّرت، ولكن يبدو أنّ التقنيات البحرية وصلت إلى درجة الاكتفاء. على أيّ حال المحاولات الحالية لا تخلو من الأهميّة؛ سنعود لاحقاً إلى مسألة اختفاء خطوط السفر المنتظمة التي استبدلت بالطيران، وسنتطرّأ إلى السفينة التجارية التي جذبت اهتمام التقنيين، على أكثر من صعيد.

أوّلاً برز تخصّص الناقلات، فإلى جانب ناقلات البترول القديمة أصبحنا نرى ناقلات المعادن، الميتان (شكل 17)، الموز، إلخ.. سنة 1954، في الولايات المتّحدة، كان مالكولم ماكلين Malcolm Mac Lean يشغّل شاحنات نصف مقطورة بين نيويورك وهيوستن تجتاز ثماني ولايات تختلف من حيث قانون الطرقات فيها، لتجنّب هذا الأمر خطر له أن يشحن نصف مقطوراته على ناقلات بترول معدّة لهذا الخصوص. ثمّ ولدت المصندقات وحاملات المصندقات وعمّت أنحاء أوروبا نحو 1965 حاملة توفيراً كبيراً في قيادة السفن وزيادة في سرعتها. بالنسبة لسفينة من 10000 طن انخفضت مدّة التحميل من سبعة أيّام إلى خمس عشرة ساعة. مذ ذاك أصبح 80 أو 90 % من حركة البضائع بين الولايات المتحدة وأوروبا يتمّ في المصندقات. هذه الحركة تمثّل 61 % من حركة مرفأ نيويورك، و 23% من حركة مرفأ الهافر في فرنسا. كانت السفن الأولى تسير بسرعة 20 عقدة وتحمل من 700 إلى 1000 مصندقة، أمّا الجيل الثالث فيسير بسرعة 26 عقدة مع 2800 مصندقة.

إنّ الحدود التي كانت تُعتبر في الماضي مستحيلة الاجتياز تمّ التغلّب عليها عبر تحسينات جزئية وعديدة واستعمال المواد الأكثر ملاءمة. وكان تخفيض الوزن والحجم بالنسبة لوحدة القوّة، وتخفيض وزن الهيكل يسمحان بتكبير السفن بشكل غير متناه: فقد أمكننا مثلاً تجاوز الـ 500000 طن في ناقلات البترول. ولكن يبدو أنّه وجب العودة عن هذا التكبير: فمخاطر التلوّث في حال ضياع السفينة، انسداد بعض المعابر بسبب امتداد المياه الإقليمية، وإعادة فتح قناة السويس تجعلنا نعود إلى ناقلات النفط متوسّطة الحجم والتي تحمل 150000 طنّ فقط.

نظراً لكونه محوّل طاقة كبيرة وثقيل، كان المحرّك النووي يلائم فعلاً لدفع السفن، وقد كان يملك ميزة أكيدة: كان يكفي تزويده بالوقود من بعيد لبعيد. إذن كان من هذه الاستقلالية شبه الكاملة، ومدى العمل غير المحدود تقريباً أن جذبا اهتمام السلاح البحري، لا سيّما بالنسبة للغوّاصات التي تحمل أسلحة ذرّية. عند منتصف السنة 1975، كنّا نعدّ

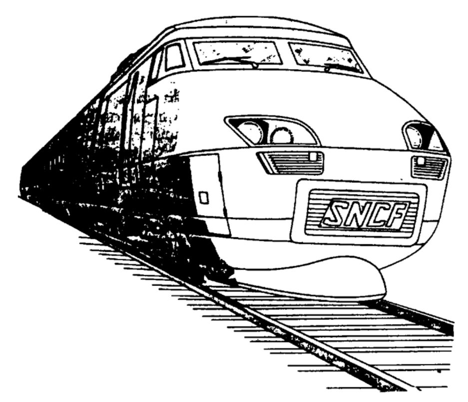


شكل 17 ــ مقطع جانبي لنظام خزن كروي مستقل، مستعمل على ناقلة الغاز الطبيعي المسيل غوتاس ــ لارسن Gotaas-Larsen

حوالي مئتين وخمسين سفينة نووية الدفع (منها ثلاث كاسحات جليد سوفياتية). أمّا في ما يتعلّق بالبحرية التجارية، فالمشكلة تختلف تماماً: في الواقع لا يبدو مردود الراكس حالياً جيّداً إلاّ في سفن سريعة جدّاً أو ضخمة جدّاً تستهلك الكثير من الطاقة. سنة 1975 كان يُحسب أنّه يجب قوّة 45000 حصان كي يكون الراكس منافساً، وحتّى 60000 أو 90000 حسب الفرضيات المتعلّقة بسعر البترول. إذن هذا الأمر يناسب ناقلة بترول تحمل من 250000 إلى 500000 طن وتسير بسرعة 16 عقدة، أو حاملات مصندقات تحمل على الأقل 50000 طن وتسير بسرعة 27 عقدة. أولى السفن نووية الدفع، كالأميركية «سافانا» والألمانية «أوتوهان Otto Hahn» لم تعط نتائج مقنعة، كما نعرف من جهة أخرى المشاكل التي صادفها اليابانيون. ونضيف تحفّظات الشعوب تجاه الأجهزة النووية، وانخفاض نسبة استهلاك البترول التي أتت وعقّدت مشكلة صعبة أصلاً. في هذا المجال لا يمكن القول بالتحوّل إلاّ إلى حدّ معيّن.

منذ بضع سنوات كانت تبدو الخطوط الحديدية في مرحلة الأفول فقد كانت منافسة الطرقات والجو لها تقتلها ببطء. في كلّ البلدان تقريباً كان عدد هذه الخطوط يتناقص، ففي الولايات المتّحدة لم يتوقّف عدد المدن التي استغنت عن سكّة الحديد عن الازدياد؛ في فرنسا، من آب 1934 إلى أوّل نيسان 1968، وصل طول خطوط سكّة الحديد التي أغلقت أمام حركة السفر إلى 13475 كيلومتراً. والشيء نفسه بالنسبة لنقل البضائع. وفي فرنسا أيضاً تعدّت أهميّة الطرق البرّية أهميّة السكّة بالنسبة لنقل البضائع سنة 1971. عندئذٍ كان توزيع مختلف طرق المواصلات والنقل على الشكل الآتي: طرق برّية 38,7%؛ سكك حديدية 37%، خطوط أنابيب 17,3%، معابر مائية 6,9%. كما نعرف أنّ الشحن يعتمد أكثر فأكثر على حركة النقل الجوّية.

إلاّ أنّ تطوّر التقنيات قد يوحي ببعض الأمل بشأن سكّة الحديد. البعض منها لا يبدو أنّه أدّى إلى نتيجة: هكذا مثلاً بالنسبة للحافلة الهوائية، التي بلغت سرعتها 400 كلم في الساعة، ولكن ما فتئت تبحث عن سوق وعن محرّك لها. في مجالات أخرى كانت التطوّرات واضحة، فالديزل الكهربائي، الذي وضع سنة 1924، حلّ في البلدان المتقدّمة مكان الجرّ البخاري بعد الحرب العالمية الثانية؛ كما أنّ كهربة الأجهزة توسّعت وتوصّلنا إلى التوترات العليا. في 25 نيسان 1967 قامت شركة المواصلات الفرنسية SNCF للمرّة الأولى بتشغيل قطار عنفي، أي محرّك بذاته تؤمّن دفعه تربينة غازية اقتبست عن الطيران. هكذا تمّ تحقيق جهاز مستقلّ الجرّ، سريع وخفيف يتحمّل متوسّط سرعة مرتفعاً بفصل دفعه الميكانيكي القوي (240 كلم/ساعة في 21 شباط 1969؛ شكل18).



شكل 18 ـــ القطار العنفي. (عن وثيقة لشركة SNCF).

لكنّ هذه السرعات، وعلى مسافات متوسّطة، كانت بحاجة إلى طرقات جديدة، ولدينا العديد من الأمثلة. إنّ أوّل طريق للقطار السريع (إكسبرس) شقّت بين فلورنسا وروما وأعطت نتائج جيّدة. أمّا الخطّ الأشهر فهو الخطّ الذي يقطع اليابان على أكثر من 1000 كيلومتر، ويتضمّن أعمالاً فنية عديدة (55% من الخطّ هي في نفق، وليس هناك أي مزلقان). في البداية، عندما لم يكن قد تمّ إنجاز الخطّ بكامله كان يجتاز الخطّ 30 قطاراً يومياً في كلّ اتجاه. اليوم، مع مجموعة مؤلّفة من 2000،قطار، نجد 129 قطاراً يسير في كلّ اتّجاه، محمّلة يومياً 560000 مسافر. المثل الأخير هو الخطّ بين باريس وليون، وتقدّر السرعة بـ 260 كلم في الساعة. بالرغم من هذا يواجه هذا المشروع عداء أنصار البيئة (المرور في مواقع طبيعية يجب الحفاظ عليها، فتح 110 دروب، الضجيج، إلخ). من جهة أخرى نجد فتح الطرقات العادية أقل نسبة من فتح الأتوسترادات ويعمد إلى توسيع الطرقات الموجودة حالياً، كذلك نتجنّب افتتاح مطارات جديدة.

أمّا انطلاقة الطيران فحاضرة في جميع الأذهان. لقد تزايدت السرعة وسعة استيعاب الركّاب والبضائع نسباً كبيرة. ولن نعيد هنا كلّ ما قلناه بشأن المحرّكات، ولكن نوضّح نقطتين. لقد كان المحرّك التقليدي، ذو المكابس، كما بالنسبة للسيّارة، عبارة عن تقنية مكتفية ومشبعة. في ما يتعدّى السرعة 500 كلم/ساعة، كان المحرّك التقليدي والمروحة

يفقدان من فعاليتهما شيئاً فشيئاً. كما أنّ مردود المروحة يهبط إلى 75% عند السرعة 550 كلم/ساعة، وإلى 42% في ما يتعدّى السرعة 1000 كلم/ساعة. يؤدّي احتكاك الهواء إلى تسخين الهيكل ويحول دون التهوية، أمّا حدّ السرعة فكان 750 كلم/ساعة، حقّقه ألماني سنة 1939. ويظهر لنا التاريخ أنّ المتطلّبات العسكرية هي التي أدّت إلى حلول مختلفة وأنّه، وإن كانت المبادىء معروفة، كان يبقى علينا إنجاز تقويمات دقيقة على الصعيد التقني. ثم جاء الدافع العنفي والراكس العنفي وأعطيا الطيران بعداً جديداً كلّياً استفاد منه الطيران التجاري. الذهاب أسرع، الذهاب أبعد ودون التوقّف للتزوّد بالوقود، ونقل حمولات أثقل كانت تمثّل مزايا أكيدة، ترافقت مع تخفيض تدريجي لتكاليف النقل.

وحده على متن طائرته، قطع لندبرغ Lindberg شمالي الأطلسي خلال ثلاث وثلاثين ساعة، تسع وعشرين دقيقة وثلاثين ثانية. سنة 1946، لزم ثلاث وعشرون ساعة وخمس وأربعون دقيقة لطائرة 4 ـ DC من إير فرانس Air France كي تقطع نفس المسافة مع محطّتين في إيسلندا وفي تيرنوف Terre - Neuve؛ مع أربعة وأربعين راكباً. في شباط 1960، قامت الطائرة ذات المحرّكات النفّاثة الأربعة بوينغ 707 باجتياز الأطلسي خلال سبع ساعات وثلاثين دقيقة مع 144 راكباً. نفس الوقت تقريباً أخذته، في آذار 1970، البوينغ 747، ولكن مع 357 راكباً. في 26 أيلول 1973، وصلت «الكونكورد» بين باريس وواشنطن خلال ثلاث ساعات وثلاث وثلاثين دقيقة. كلّ هذه الأرقام تظهر لنا مدى التطور الذي تحقّق.

بالنسبة للمسافات البعيدة أصبحت الطائرة وسيلة النقل الممتازة دون منازع. فوق شمالي الأطلسي كان عدد ركّاب الجو 2956000 سنة 1963؛ 8452000 سنة 1969؛ 13040000 سنة 1972.

أمّا نسب الركّاب الذين يفضّلون الطريق البحرية في نفس التواريخ فكانت: 21,5% سنة 1963؛ 3,8% سنة 1969؛ 0,8% سنة 1972.

بالنسبة للمسافات المتوسّطة تتناقص أفضلية الطائرة بشكل ملحوظ: فكلفتها أعلى من وسائل النقل الأخرى، ومدّة الوصول إلى المطارات أطول من مدّة الوصول إلى المحطّات. على مسافة كالتي تمتدّ بين باريس وليون، قد يصل الخطّ الجديد الذي يربط بين المدينتين خلال ساعتين إلى منافسة الطائرة. على أيّ حال من الصعب أن نرسم حدوداً لأنّ مفهوم الوقت وحده لا يكفي لتقييم الحسنات والسيّئات: فرحلة العمل تختلف عن رحلة العطل. ويميل الازدحام على الطرقات والازدحام في المطارات إلى جعل القطار، الذي تحسّن كثيراً (ونفكّر بالقطارات التي تحتوي على مراقد)، يستردّ جمهوراً تعب من الانتظار.

خلال الشتاء 1948-1949 قامت مئة طائرة 3 ـ DC من الملاحة الجوية الأمريكية،

على مدى 22000 رحلة، بحمل 150000 طنّ من البضائع المختلفة إلى مدينة برلين المنقطعة عن العالم الغربي، وكان هذا الأمر عبارة عن أوّل شحن جوّي. من سنة 1945 حتّى سنة 1967 تضاعف الشحن الجوّي أربع مرّات، وفي سنة 1966 تجاوز وزن البضائع المشحونة فوق شمالي الأطلسي في طائرات خاصّة للشحن وزن الركاب الذين نقلتهم طائرات السفر. نشير إلى أنّ ذاك الشحن كان عبارة عن شحن طرود صغيرة. في ربيع عام 1972 وضعت طائرة بوينغ للشحن موضع العمل على الخط فرنكفورت ـ نيويورك. هذه الطائرة تحمل نحو مئة طنّ من البضائع، كما بإمكانها أن تكون حاملة مصندقات (كونتينرز Containers). ولكن لا ننسى أنّ القسم الأكبر من شحن البضائع ما زال يتمّ في الطرق البحرية، فيبدو من الصعب على الملاحة الجوية اجتياز بعض العوائق بهذا الخصوص.

سوف ننهي عرضنا بمثلين متناقضين تماماً. إنّ المواصلات المدينية ما زالت أحد اخفاقات التقنيات الجديدة، وفي الحقيقة يصعب إيجاد الحلول وعلينا أن نكتفي غالباً بإجراءات قسرية (توقّفات محدودة، أروقة لمرور وسائل النقل المشترك، باحات صرف عند مدخل المدن، إلخ.).

إلاّ أنّ الأبحاث والأفكار لم تتوقّف، وقد لاحظنا اتّجاهاً عامّاً نحو أنظمة أوتوماتيكية للمواصلات المدينية، سيّارات سريعة ومريحة، يتفاوت حجمها بين السيّارات الخاصّة والباصات، وتسير على طرق خاصّة بشكل أوتوماتيكي، دون سائق على متنها. هكذا تمّ تصوّر مئات الأنظمة منذ 1969-1970؛ عشرة منها حقّقت بعض التقدّم واثنان هما في طور العمل في الولايات المتّحدة. يبلغ طول مترو سان فرنسيسكو الأوتوماتيكي «بارت Bart» حوالي 130 كيلومتراً مع أربع وثلاثين محطّة. كما أنّ نظام مطار دالاس ـ فورتورث Dallas - Fortworth يتميّز بنفس التقنيات. بالمقابل، تتضمّن تقنية مدينة مورغانتاون Morgantown (فيرجينيا)، التي كان يُفترض بها أن تربط ما بين الأبنية الجامعية، عربات أصغر، من أربعة إلى ستّة محلاّت في البداية، ثمّ من اثني عشر إلى عشرين؛ إنّ مدينة مورغانتاون تنظر في هدم الأعمال المنفّذة إلى الآن. في فرنسا تُدرس فكرة عربات أوتوماتيكية صغيرة (أراميس Aramis) ومترو ليل Lille الأوتوماتيكي. في الواقع أدّت هذه الأبحاث الحافلة إلى دفع المواصلات القديمة نحو الحداثة والتآلية، تماماً كما أدّت فكرة الحافلة الهوائية إلى القطار العنفي.

المثل الثاني هو أكبر بكثير: المواصلات في الفضاء. من «سبوتنيك Spoutnik» سنة 1957، وهو أوّل قمر صناعي مأهول، حتّى غزو الإنسان للقمر سنة 1969، وحتّى الأستكشافات الأبعد التي تحدث اليوم، كانت التطوّرات ثابتة وسريعة.

نفهم جيّداً أنّ إنجازات من هذا النوع تتطلّب تماسك وترابط عدد كبير من التقنيات وتقنيات على مستوى عال جدّاً: مواد ذات خصائص ميكانيكية وحرارية محدّدة، الصواريخ ووقودها، الكومبيوتر من أجل حساب المسارات، التلفزيون من أجل الرؤية والنقل، تقنيات التآلي وعدد لا ينتهي من التفاصيل لكلّ منها أهميّته. بالنسبة للمطلقات نستعمل عامة طاقة البروبرغول Propergol السائل الدافعة من أجل الطبقات القويّة والطبقات المستعملة لتقويم المسار. أمّا البروبرغول الجامد فيشحن طبقات الصواريخ ضعيفة أو متوسّطة القوّة. حالياً تُدرس، من أجل الاستكشافات البعيدة، محرّكات ذرّية مشتقّة من نماذج نيرڤا Nerva المجرّبة في الولايات المتّحدة. النقطة المهمّة هي في الانطلاق،إنّ اندفاع انطلاق الصاروخ «ساتورن 5 Saturne» من البرنامج القمري أبولو Apollo يبلغ 3400 طنّ، أي 140 مرّة أكثر من أولى صواريخ «V 2» الألمانية. ويجري تكامل مختلف طبقات الصاروخ في عين خاصّة توضع عند رأس الصاروخ الأخير، والتجهيزات المركّزة فيها تؤمّن تماسك المجموعة منذ لحظة الإشعال الأولى حتّى انفصال مختلف الطبقات وإشعالها بالتدرّج. نضع خمسة وخمسين جهازاً في حلقة ارتفاعها 90 سنتم وقطرها 2,65 م، وتزن طنّين بالإجمال. في هذا المكان يجري التوجيه، وتحلّ مشاكل الملاحة، وتوجد مصادر التيار وكلّ التجهيزات الضرورية من أجل الحماية من المحيط ومن البرودة.

الشحنة المفيدة مكوّنة من قمر صناعي أو مربط خاص يجب إيصاله إلى نقطة معيّنة من الفضاء. كانت السفينة الفضائية «أبولو» تتضمّن، انطلاقاً من الأعلى، وحدة التحكّم (عربة أبولو مسكونة)، وحدة الخدمة (دافع يؤمّن حركات المجموعة في الفضاء) والوحدة القمرية. وكان يبلغ وزن هذه الشحنة الإجمالي حوالي خمسة وأربعين طناً. هكذا فإنّ الإنسان الذي عجز عن تنظيم حركة مرور مدينية صحيحة، استطاع أن يسبح في الفضاء وأن يصل إلى القمر.

تناقل الأفكار

نعرف كلّ التغيّرات التي طرأت على نظام الحياة نتيجة الطباعة، الهاتف والبرق، والراديو. إنّ النصف الثاني من القرن يتميّز في هذا المجال بتحوّلات ملموسة، نراها بوضوح ونشعر بأهمّيتها أكثر، في مجال التقنيات، ربّما لأنّها طالت الجميع وأثّرت عليه شخصياً.

لا شكّ في أنّه يوجد قطاعات، ضمن هذه التقنيات المتنوّعة جدّاً والمتباعدة غالباً بعضها عن بعض، احتفظت فيها الطرق القديمة ببنياتها العامّة الأساسية، وإن كانت قد أتقنت بشكل واسع من حيث التفاصيل. هكذا مثلاً بالنسبة للطباعة، للتصوير، للراديو للهاتف وللبرق. إنّ المبادىء الأساسية بقيت دون تغيّر؛ وعدا عن التجديدات الكبرى، التي سنعود

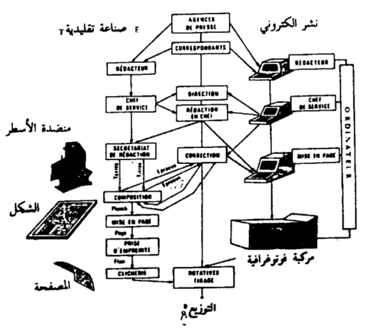
إليها، يبدو أنّنا شهدنا تقدّماً في التقنيات الموجودة دون أن تكون قد وصلت إلى نقطة الاكتفاء. وهذه ظاهرة يمكن ملاحظتها من جهة أخرى في عصور أخرى. لقد احتفظ بنوع من الترابط بين التحوّلات المفاجئة وتطويرات ممكنة دائماً.

لنأخذ كمثل أوّل التصوير. بالطبع نلحظ على الفور الاختلاف بين جهاز من العام 1920، ذي منفخ بشكل عام وكبير وثقيل نسبياً، وآلة من العام 1976، مصغّرة لدرجة يمكن معها وضعها في الجيب. ولكن عدا عن هذا التصغير، الذي يتناول الآلة كما يتناول شكل ونسق الفيلم، هناك تحوّلات عديدة أخرى: بالنسبة لأنظمة تقديم الفيلم، الضبط الأتوماتيكي للمسافات والفتحات بفضل الخلية الكهربائية الضوئية، وتقنيات كثيرة غيرها. الجهاز الوحيد الجديد هو «بولارويد Polaroïd»، للتظهير الفوري، عن فكرة اكتشفها إدوين هـ. لاند Edwin H. Land سنة 1909، قوّمت سنة 1947 وأتقنت سنة 1961. بالنسبة لمادّة الفيلم وورق السحب كانت التطوّرات ثابتة؛ لقد ظهر الفيلم الملوّن سنة 1935، ولكن فقط سنة 1942 أمكن سحب الألوان على الورق. في ما يخصّ التجسيم ما نزال في طور البحث. باستثناء هذه التطوّرات، المهمّة، يبدو نوعاً ما أنّ التغيير الأساسي كان في ابتكار الآلة الحديثة المصنوعة من قطع بلاستيك مقولب، بما فيها العدسة بعض الأحيان. أمّا التطوّرات الأخيرة فقد تناولت إرسال الصور مسافياً، عبر تحويل تغيّرات درجة الكثافة الضوئية إلى تغيّرات تيار كهربائي. نعرف أنّه بإمكان الصور اليوم، عبر الأقمار الصناعية، أن تجتاز الفضاء بنتائج ممتازة. هيهات منّا أولى آلات بيلاز Belin (1907).

نلاحظ ظواهر شبيهة، أو قريبة تماماً، في مجال الطباعة؛ المبادىء بقيت نفسها وأتقنت الآلات وحسّنت بدرجة واسعة. ولكن هنا أيضاً تظهر لنا تجديدات لم تعطِ بعد كلّ ما يمكن أن تعطيه. لا أحد يجهل الدور الذي يلعبه حالياً النسخ الفوتوغرافي (الفوتوكوبي) في الإدارات والشركات. كما أنّ الكلّ يعرف تطوّر الأوفست في مجال طباعة أو إعادة طباعة الكتب القديمة. أمّا النسخ المسافي فتعود بداياته إلى تاريخ بدايات البرق؛ نحو العام 1860 كنّا نعرف كيف ننقل مسافياً رسماً أو إمضاء ما. وقد اعتقد البعض بأنّ النسخ المسافي هو الوسيلة الوحيدة لأن تتمكن الشعوب التي تعتمد رموز الأفكار، مثل الصينيين، من استخدام البرق. حالياً يوجد أجهزة نسخ مسافي صغيرة الحجم. وبالطبع يلزم مرسِل ومستقبِل؛ بالإمكان تألية العملية أكثر بعض الشيء بشكل نستغني فيها عن تدخّل الإنسان عند الاستقبال إذا كان المستدعى يملك مجاوباً أوتوماتيكياً يتّصل بشكل جيّد بمستقبِل النسخ المسافي. الدراسات لم تنته بعد وتتوقّف على بعض الأبحاث النظرية.

كذلك قد يتمكّن الألكترونيك من تغيير تحرير الجرائد كلّياً (شكل 19)؛ لننقل

التفسيرات التي قدّمتها لنا جريدة «الموند» الفرنسية. جالساً أمام منضدة عرض مرئي شبيهة بأداة كومبيوتر طرفية، يضرب المحرّر نصّه على لوحة ملامس، تظهر الحروف على الشاشة حرفاً بعد حرف. بتحريكه مربّع مضيء يوجّهه بواسطة مفاتيح خاصّة، يمكنه أن يجري التعديلات التي يريد على القطعة المكتوبة من النصّ إلى أن يصل إلى ما يبغي. عندما ينتهي العمل يشير له الكومبيوتر إلى الطول الصحيح، فإذا كان النصّ طويلاً جدّاً يستطيع المحرّر عندئذٍ أن يلغي قسماً بأكمله، أو جملة أو كلمات معزولة، فيأتي باقي النصّ ويشغل أوتوماتيكياً المكان الذي تحرّر. بعد إعطائه تعليمات الطباعة من أجل الصف، يرسله إلى الكومبيوتر الذي يتحقّق منه أوتوماتيكياً، يشير إلى بعد المقال الصحيح، يفهرسه ويخزّنه. إذا صادف، قبل تركيب صفحات الطبع، أن ظهرت عناصر جديدة، بإمكان المحرّر أن يستدعي مقاله ويستوفيه. أمّا سكرتير التحرير المسؤول عن تركيب الصفحات فينقّب تدريجياً بين المقالات بواسطة الكمبيوتر. وإذا أراد، لأسباب مختلفة، أن يغيّر الحرف أو طول السطر، يكفي أن يغيّر التعليمات الموضوعة في رأس النصّ فينجز الكمبيوتر العملية خلال بضع ثوان من الوقت. تركيب صفحات الطبع يتمّ على شاشة تلفزيون، وعندما ينتهي تُرسل الصفحة، إلكترونياً أيضاً، إلى مركّبة فوتوغرافية تنتج مادّة معينة، مثلاً صفيحة أوفست، تستعمل مباشرة على المطابع . ليس هناك أيّ معالجة للورق في أيّ من المراحل، باستثناء مرحلة السحب بالطبع. لقد أخذت هذه الأمور منحى سريعاً وهناك نسبة مرتفعة جدّاً من الجرائد اليومية خطت هذه الخطوة بإدخالها المعلوماتية في مطابعها وفي مكاتب تحريرها. ولقد أقرّ بأنّ هذا الأمر أثّر فعلاً على محتوى وأسلوب الجرائد.



شكل 19 ــ الجريدة الإلكترونية. (عن صحيفة «الموند»).

لن نتوقّف كثيراً عند الهاتف والبرق؛ هنا أيضاً لم تتغيّر المبادىء ولكن شهدت الأدوات والتجهيزات تغيّراً عميقاً. يمثّل لنا الهاتف الأوتوماتيكي والمقاسم (السنترالات) التلفونية المتآلية تماماً تحوّلاً ملموساً، والتطوّر الأساسي بالنسبة للهاتف كان في المرور من الألكتروميكانيك إلى الألكترونيك. في فرنسا لم تبدأ هذه الحركة قبل سنة 1960، وكانت الشركات الأمريكية قد اعتمدت المقاسم الألكترونية ذات التبديل المكاني، الذي يبقى طريقة نقل كلاسيكية، حيث تتحوّل تغيّرات حدّة الصوت البشري إلى تغيرات في شدّة التيّار. أمّا فرنسا فقد اعتمدت التبديل الزمني: تقاس تغيّرات الصوت ثمّ يتمّ تكويدها بواسطة 0 و 1. عندئذٍ تجتمع عدّة محادثات على نفس الزوج من الأسلاك الذاهبة نحو المقسم. في الحالة الأولى يُطلق المقسم الاتصال بين مشتركين بفضل احتكاكات مغنطيسية متحرّكة لا توجد في الحالة الثانية. وفي كلتا الحالتين نستعمل اليوم كمبيوتر يدير عمليّات الوصل بين المشتركين ويعرف في كلّ لحظة حالة الخطوط والاتصالات كما جميع الإشارات الداخلة إلى المقسم. لقد أصبح المقسم نظاماً معلوماتياً معقّداً والصعوبة الأساسية تكمن في وضع وتقويم برامج الكمبيوتر. وتأمل المقاسم الحديثة بجمع ما بين 50 و 65000، مشترك. من جهة أخرى تبقى مشكلة الاتّصال بالشبكة القديمة.

الراديو ضاعف كبلاته على المسافات البعيدة، لا سيّما بالنسبة لعبور المحيطات والبحار. كما أصبح الترحيل يؤمَّن بواسطة الأقمار الصناعية للمواصلات اللاسلكية، فبإمكان هذه الأقمار بالفعل أن ترحّل بعيداً الإشارات اللاسلكية الكهربائية. إذن هي تفيدنا بالنسبة لنقل الكلام كما بالنسبة لصورة التلفزيون. إنّ الإشارات الهرتزية عالية التواتر هي بصرية المدى، لهذا يحدّ انحناء الكرة الأرضية من مداها إلى حوالي 150 كلم. مع قمر صناعي يسبح على ارتفاع 5000 كلم عن الأرض يمكننا إذن اجتياز 10000 كلم كمسافة للإشارة لأنّ القمر الصناعي يعيد بثّها. يوجد أقمار صناعية محايدة أي أنّها تعيد فقط بثّ ما يصلها، أو أقمار تتضمّن جهازاً مسجّلاً. كلّ الأقمار الصناعية الأولى للمواصلات اللاسلكية كان مخيّبة، من «سكور Score» في كانون الأوّل 1958 إلى «إيكو Echos». ثمّ وجب انتظار أسرة «تلستار Telstars» للحصول على نتائج ملائمة. «تلستار 1» الذي أطلق في تمّوز 1962 هو عبارة عن كرة يبلغ قطرها 87 سم ووزنه 77 كلغ، يتضمّن 72 صفيحة على 60 منها نجد 3600 خلية كهربائية ضوئية مثبّتة من أجل إعادة الشحن المستمرّة. وهناك ثلاث صفيحات أخرى تحمل مرايا من أجل المعاينة البصرية. هذا القمر يحتوي على 1064 ترانزستوراً، 1464 صماماً ثنائياً و 2528 شبه موصل. وقد أقيمت هوائيات ضخمة من أجل إرسال واستقبال

الإشارات. كان هذا القمر يسير على ارتفاع ما بين 953 و 5637 كلم مع دوران حول نفسه بمعدّل ثلاث دورات في الثانية، وكان بالإمكان استعماله تسع مرات في اليوم خلال 40 دقيقة. «تلستار 2» يعود إلى أيّار 1963 ويسير على ارتفاع يبلغ ما بين 1000 و 10000 كلم. أمّا الجيل الثالث، الذي يبدأ سنة 1965، فهو جيل «إنتلسات Intelsats»؛ مع أقمار «إنتلسات 2» التي أطلقت سنة 1966 و 1967، توصّلنا إلى وزن 168 كلغ و 240 قناة تلفونية. بين السنتين 1968 و 1970، أنتقلنا إلى «إنتلسات 3» الذي يزن 287 كلغ ويتضمّن 1200 قناة تلفونية. سنة 1971 بدأت سلسلة «إنتلسات 4» بوزن 1312 كلغ ومع 6000 قناة تلفونية. إذن طال الانقلاب كلّ نظام المواصلات اللاسلكية. وهناك أكثر من هذا: لقد وضع نوع من امتياز لبلد ما بالنسبة لهذا النظام الجديد في المواصلات المسافية. إذا كان الفرنسيون والألمان قد نجحوا في أن يضعوا قمراً صناعياً صغيراً للمواصلات اللاسلكية، فإنّ الولايات المتّحدة هي التي أنجزت العملية. وسنعود إلى هذه المسألة في فصولنا الأخيرة.

كلّ هذه التقنيات لم تصل بعد إلى تطوّرها الكامل، وقد تقدّمنا نحو أقمار البثّ المباشر، التي لم تعد بحاجة إلى محطّات الترحيل، مثل قمر بلومور ـ بودو Pleumeur - Bodou في فرنسا. لقد أصبح بإمكان أجهزة التلفزيون العادية أن تلتقط البرامج مباشرة.

من ينكر أنّ التلفزيون هو، مع الكمبيوتر والطاقة الذريّة، أحد رموز النظام التقني الجديد حالياً؟ إنّ تاريخه قديم ولكن التقويمات النهائية وإنتشاره المفاجىء تعود في الواقع إلى السنوات الأربعين الأخيرة. لقد وصف الفرنسي قسطنطين سينلك Constantin Senlecq، منذ سنة 1877، طريقة تلفزة مقبولة تماماً. أمّا أوّل برنامج تلفزيوني تجريبي فقد افتتح في بريطانيا من قبل شركة البي. بي. سي B.B.C، سنة 1929، بفضل نظام استكشاف بيرد Baird. كان طول الموجة 261 متراً وكنّا نحصل على اثنتي عشر صورة في الثانية، ثمّ انتقلنا خطوة جديدة مع محلّل الصورة. وفي تشرين الثاني 1936، أقامت البي. بي. سي إستديوهاتها رسمياً وجهاز بثّ تلفزيوني على إحدى أعلى النقاط في لندن. في السنة نفسها حذت شركة الآر. سي. أي R.C.A حذوها في بناية الإمباير ستايت Empire State. إنّ معظم المشاكل التقنية الأساسية التي كان يطرحها بثّ الصور المتلفزة تمّ حلّها سنة 1940، وبقي القيام بعملية التقويم النهائي. جاءت الحرب وأوقفت إنتشار التلفزيون ولكن دفعت الكثير من الأبحاث ومن بينها الأبحاث التي اهتمّت بالرادار وسمحت بتحسينات كبيرة في مجال التلفزة.

إذن التلفزيون بعد الحرب العالمية الثانية كان عبارة عن انتشار لتقنية كانت تعود

آنذاك لبضع سنوات خلت. حتّى أنّ إيقاع إنتشار التلفزيون تجاوز إيقاع انتشار السينما، التي يرتبط بها من جهة أخرى إرتباطاً وثيقاً. هل نحتاج للتذكير بأنّ التلفزيون الأبيض والأسود أصبح التلفزيون الملوّن، بانتظار التلفزيون المجسّم؟ هل نحتاج للإشارة إلى أنّ التلفزيون ليس فقط أداة إعلام وبثّ ثقافي، بل أنّه يلعب في كلّ الميادين، كالنقل والصناعة، دوراً أساسياً؟

نمط الحياة والمشاهدات

كما قلنا سابقاً، لقد أدّت هذه الثورة التقنية الجديدة نوعاً ما إلى قلب نمط الحياة والمشاهدات، وذلك في جميع القطاعات. أكثر ما يثير اهتمام الملاحظين هو أنّ هذا التطوّر لم ينته: بالتالي فإنّه ينقص نوع من الاستقرار في عمليات تنظيم طرق الحياة وتدبير المدى الجغرافي.

إنّ هذا التحوّل العميق في نمط الحياة ليس ملموساً على نطاق واسع، لنأخذ بعض الأمثلة البسيطة. لا شكّ في أنّه قد يكون من السهل أن نضع في غرفة كلّ أغراض الاستعمال الجاري التي وجدت نحو سنة 1929 في شقّة، في مطبخ ما. هذه القائمة أو بالأحرى هذه المجموعة قد تثير الدهشة لدى الكثير من الناس، ليس فقط الذين لم يعايشوا تلك الفترة، بل أيضاً الذين استخدموا هذه الأغراض في الماضي ونسوها اليوم. لنذكر بعض الأغراض التي اختفت كلّياً أو أنّها على طريق الاختفاء: المدقّة والمنخل من أجل صنع البطاطا المهروسة (البوريه)، إبريق القهوة القديم ذو الطبقتين، دست الجلي المصنوع من المطيل المكلفن؛ كذلك مكنة الخياطة الثقيلة ذات الهيكل الحديد الصبّ والسير بواسطة دوّاسة، والتي أعطت الشهرة لشركة سنجر Singer، والهاتف ذو المساك المدوّر من أجل طلب المقسم الهاتفي، وحتّى حاكي الأسطوانات مع فتحة البوق. ويمكن لكاتالوجات المصانع أو المحلاّت الكبيرة أن تفيدنا من أجل أن نقيس، في مجال الحياة اليومية، عمليات المرور من نظام تقني إلى آخر.

بعد نهاية الحرب العالمية الثانية نلاحظ استبدال كامل جهاز الأدوات الفردي. حتّى وإن كانت بعض الأغراض أو بعض الطرق تعود إلى ما بين الحربين، فإنّ الثورة كانت فعلاً فجائية، في البلدان الصناعية طبعاً: فالبلاستيك، وتصغير المحرّكات الكهربائية وحتّى اعتماد الألكترونيك هي أمور قلبت جهاز أغراض فترة ما قبل الحرب. إضافة إلى هذا أثّر تحسين التقنيات واستعمال المواد الجديدة على الأسعار وسمحا بانتشار واسع جدّاً لكلّ هذا العتاد. إنّ استعمال المصادر الحرارية المنتشرة أكثر منها جديدة، الغاز والكهرباء، بإيصاله الماء الساخنة إلى حوض المطبخ، أدّى إلى اختفاء دست الجلي من المطيل لصالح حوض

من البلاستيك جديد كلّياً. وماذا نقول عن مكنات الغسيل، من جميع الأنواع، وعن مطحنة الخضار التي ظهرت في الخمسينات. ثمّ ذهبنا إلى أبعد من هذا ووضعنا مكنات غسيل ومواقد طبخ مبرمجة. لقد أخذت الأدوات الكهربائية المنزلية بعداً لا يستهان به.

أخذنا عن كاتالوج شركة تجارية كبيرة قائمة بالأدوات المنزلية الكهربائية التي بإمكاننا أن نضعها في مطبخنا:

مطحنة للبن: وقد تكون مجهّزة بقياس متغيّر لنسبة الحبيبات؛
أباريق قهوة كهربائية؛
حمّاصة للخبز: وقد تكون أوتوماتيكية؛
فرّامة صغيرة (مولينيت) كهربائية؛
خفّاقة كهربائية؛
عصّارة للحمضيات؛
ركّاسة لعصير الفاكهة والخضار؛
خلاّطات متعدّدة المهام؛
آلة قطع كهربائية؛
سكّين كهربائي؛
مقشرة؛
فتّاحة علب ـ سنّانة سكاكين؛
سخّانة صحون مع مثبّت للحرارة؛
سخّانة أطباق الطعام؛
طبق الفتات؛
إناء الشراب؛
غلاّية؛
سخّانة السوائل؛
مواقد كهربائية؛
شواية اللحمة؛
معقّمة؛
مقال كهربائية.

انتاج الحديد الصب

1966	Usine de BOCHUM Usine de RHEINHAUSEN		
Production totale		3,4 M.T.	
1970	Usine de BOCHUM Usine de RHEINHAUSEN		
Production totale		4,4 M.T.	
STADE FINAL	Usine de BOCHUM Usine de RHEINHAUSEN		
Production totale		7,0 M.T.	

فرن عال — محوّل إل. دي — فرن مارتان - سيمنز — فرن كهربائي

انتاج الفولاذ

*FONTE

1966	Usine-de BOCHUM Usine-de RHEINHAUSEN	
Production totale		2,7 M.T.
1970	Usine-de RHEINHAUSEN	
Production totale		3,2 M.T.
STADE FINAL	Usine-de RHEINHAUSEN	
Production totale		6,0 M.T.

M.T. مليون طن

شكل 20 - تركز الإنتاج في مصانع كروب Krupp. (عن وثيقة من مؤسسة كروب).

والشيء نفسه أيضاً في مجالات أخرى: جهاز الترانزستور الذي نحمله أينما ذهبنا، ما لم يكن ممكناً مع أجهزة الراديو الكبيرة ذات اللمبات، قلم الكرية الذي لم يتفوّق على قلم الحبر الكلاسيكي وحسب بل أيضاً على الريشة المعدنية وقلم الرصاص، ونذكر أيضاً حاسب الجيب. لقد شمل التعديل كامل نظام الاتّصال بين الناس.

نشير على الفور أنّه في سياق هذا التطوّر ازدادت التباينات بين البلدان، وتذكر ج. فوراسيتيه J. Fourastié بعض الأرقام المعبّرة. إنّ مكنة غسيل صغيرة، دون جهاز للتسخين، كانت تكلّف في فرنسا، سنة 1950، 35000 فرنك، أي نحو 500 ساعة من عمل مدبّرة المنزل، وفي الولايات المتّحدة 50 دولاراً أي 50ساعة من عمل المدبّرة، بينما في مصر وفي الهند فكانت تكلّف من 3000 إلى 5000 ساعة. ومنذ ذلك العصر تناقصت الأسعار في البلدان الصناعية بدرجة ملموسة. نفس مكنة الغسيل أصبحت لا تكلّف في فرنسا، سنة 1962 ، أكثر من 230 أجراً في الساعة. بين نفس الفترتين انتقلت الثلاّجات من 1000 إلى 420 أجراً في الساعة بالنسبة لسعة 200 ليتر.

كما كتب ج. بودريار J. Baudrillard، «في المجتمع الصناعي المتقدّم، ليست الأغراض المصنوعة مختلفة عمّا كانت عليه في الماضي وحسب: لقد أصبحت تملأ دوراً مختلفاً». وتحوّل أيضاً الموقف الاجتماعي تجاه الأغراض والأدوات؛ لقد رسم المهندس المعماري جيديون Giedion تاريخاً للأثاث، ليس من ناحية أسلوبه، ولكن من حيث مهمّاته الأساسية: ما تزال تنقصنا تواريخ أخرى قد تساعدنا على استبيان التطوّر.

ما أن يخرج الإنسان من منزله حتّى يخضع، على درجات متفاوتة، لنفس النوع من التحوّلات، على درجـات متفاوتة بالطبع: إذا كان عمل المكتب مختلفاً عمّا كان عليه نحو 1930 فإنّ المواصلات المشتركة، أو لنقل بشكل عام المواصلات المدينية قد أبقت على قسم كبير من سلبياتها. التلفزيون يسمح له بعدم الخروج في المساء، التلفزيون والراديو يغنيانه عن شراء الجريدة، وحتّى الكتب. بالمقابل فإنّ السيارة، التي انخفض سعرها بفضل التطوّر التقني، تتيح له أن يهرب من جحيم المدينة.

في مجال المشاهدات، في مجال تنظيم المدى الجغرافي والمواصلات بلغ التطوّر درجة أعمق. لقد تغيّر مفهوم المسافات، يمكننا مثلاً أن نضع ثلاث أو أربع ساعات كي نجتاز باريس بعد ظهر يوم الجمعة، والوقت نفسه كي نذهب من باريس إلى نيويورك، ويمكننا مضاعفة الأمثلة: ازداد اجتياز المسافات القصيرة صعوبة وقلّ اجتياز المسافات البعيدة وقتاً. أمّا انتشار الآلية الزراعية فقد أدّى إلى تفريغ المناطق الريفية من سكّانها وقلب ملكية الأراضي عبر سياسة الضمّ والتوحيد. والأوضاع الصناعية اختلفت عمّا كانت عليه منذ

خمسين سنة، والتطوّر يتناول في هذا المجال نقطتين أساسيتين. الأولى هي تركّز الصناعات، إنّ أفضل إنتاج لمصنع معيّن، أي الذي يطابق أفضل سعر للتكلفة، يبدو مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بالشروط التقنية. إنّ إنتاج الفولاذ لمعمل واحد كان يقع قبل الحرب ما بين 500000 ومليون طنّاً، أمّا في السنوات التي تلت الحرب فكان ما بين المليون و 1,5 مليون طن، 2 مليون سنة 1960، وحسب التقديرات 5,5 مليون طن سنة 1968، 8 مليون سنة 1970، وحتّى 20 مليون في العقد الذي تلا. وقد قطع كلّ من الإتحاد السوفياتي، الولايات المتّحدة واليابان شوطاً من الطريق (شكل 20). كذلك الأمر تماماً في مجال الصناعة الكيميائية. إنّ ضخامة المصانع تعود بشكل أساسي إلى التطوّر التقني الذي ساهم في عمليّات الدمج.

النقطة الثانية لا تقلّ أهميّة، فالصناعة لم تكبّر وحدات إنتاجها وحسب، بل أيضاً نقلت أماكنها. ويتعلّق هذا بموقع مصادر المواد الأوّلية كما بتطوّر التقنية، هذا الأمر الذي يتجلّى لنا منذ ترك الفحم وهو منتوج يكلّف نقله الكثير. مذ ذاك إنفصل المصنع عن منجم الفحم الحجري ونزع للاقتراب من المناطق حيث تصل المواد الأولية بشكل أسهل وبكلفة أقلّ. نذكر الصناعة الحديدية التي اقتربت من شاطىء البحر، بعد محاولات عدّة يعود بعضها إلى عهد الإمبراطورية الثانية في فرنسا. لقد ظهرت الصناعة الحديدية الساحلية بعد سنة 1950. أمّا الكيمياء فأقامت بجانب البترول، بجانب معامل التكرير خصوصاً. كمّا إنّ سهولة نقل البترول بواسطة الأنابيب تزيد من عدد الاختيارات الممكنة.

لا شكّ في أنّنا نلحظ كم من التوازنات انقطع وكم يصعب إيجاد توازنات جديدة، إن في الحياة الفردية واليومية أو في عالم الصناعة. لقد أكبّ الكثيرون على دراسة هذه المشاكل واكتُشِفت بعض الحلول، ولكن يبقى الكثير ممّا يجب القيام به.

المخاوف والشكوك

إنّ التطوّر التقني خلق بما لا يقبل الجدل نوعاً من القلق يتزايد انتشاره يوماً بعد يوم: ونرى دلائله ظاهرة في الجرائد، في التلفزيون وفي الأحاديث. هذه المخاوف، هذه المعارضات للتطوّر التقني ودوافعها هي على طبيعة متنوّعة جدّاً. بين مشاعر معيّنة، لا يعبّر عنها غالباً كما يجب، وضرورة تطوّر تقني متواصل مع حسناته وفوائده، ينزلق نوع من التناقض الداخلي الذي أصبح إحدى سمات حضارتنا الحالية. وأصبحنا نجد عند الفرد نفسه، تجاه التجديدات الضرورية التي يتطلّبها النمو الثابت، الرغبة بالهروب من الضجيج، بعيداً عن المدن، بعيداً عن الآلات، وحبّ طبيعة يجدها من جديد، وحتّى رفض للتقنية المتطوّرة. أصبحنا نجد الشخص الذي يلعن التطوّر التقني يترقّب أحدث السيّارات ولا يستغني عن مدفأته الغازية، الملوّثة، ولا يستطيع الانفصال عن جهاز تلفزيونه.

بالطبع توجد أشكال من المعارضة غير واضحة، ويبدو وأنّها تستند إلى موقفين يجتمعان، عدا عن أنّها ليست حكراً على عصرنا الحالي: فقد مررنا بأمثلة عنها قديمة جدّاً. يتناول الموقف الأوّل نوعيّة المنتوجات المنبثقة عن تقنية أكثر فأكثر تقدّماً. مثلاً من أجل بيع منتوجاته نرى الصناعي اليوم يضطّر إلى أن يدوّن عليها وأن يدرج في دعايته لها عبارات ذا مغزى: طرق تقليدية، مصنوع كما في الماضي، محضّر على الطريقة القديمة، الخ.

ولا يصحّ هذا الأمر فقط في المنتوجات الغذائية، التي يتأثّر بها الجمهور بصورة خاصّة، بل أيضاً في مجال بناء المنازل والعديد من النشاطات الأخرى التي قد لا تكون في طليعة التقنيات الحديثة. إلاّ أنّه ليس من الممكن العودة عن مدوّرة الأسطوانات الأوتوماتيكية إلى الفونوغراف (البوق) القديم. كذلك فإنّ رواج المنتوجات الحرفية، التي لا تطال هي أيضاً سوى قطاعات صغيرة من الحياة اليومية، ينبثق عن الموقف نفسه، ويمكننا تفسيره بنقص في تطوّر جمالية صناعية معيّنة: إنّ البيضة المصنوعة من خشب الزيتون هي أمتع للناظر وأجمل من أشكال البيضة المصنوعة من مادّة بلاستيكية شاحبة الألوان. كذلك نرى أحياناً دسوتاً لغسيل الآنية، مصنوعة من المطيل المكلفن تُباع، بعد أن بطلت منذ ظهور أحواض البلاستيك ووصول الماء الحارّة إلى المغاسل، مع العبارة: «مصنوع يدوياً بكامله». لا حاجة بنا للإكثار من الأمثلة، حيث نلتقيها يومياً في عالم الإعلانات وعلى كلّ الملصقات.

بشكل عام يجتمع هذا الموقف مع موقف آخر: إنّ نوعية الحياة، كي نستعمل العبارات المعتمدة في أيّامنا هذه، آخذة في الصغر، وهذا بسبب التطوّر التقني. فهذا الأخير مسؤول عن الضرر، بحدّ ذاته كما لأنّه سمح بتوسّع صناعي شبه مستمرّ وضاعف المواد المؤذية. إنّ الأمر هو، جزئياً بالتأكيد، عبارة عن نقل أسطورة العصر الذهبي إلى مجالنا. وهو يتعدّى مسألة المضارّ، بما فيها التلوّث، وبالتحديد من حيث أنّ هذا الموقف لا يستند إلى أفعال ملموسة فإنّه يبقى، هو أيضاً، مبهماً نسبياً. في الواقع يُفترض أنّ هناك تناقضاً أساسياً بين التطوّر التقني وسعادة البشر. نوعاً ما يُنبذ التطوّر التقني من حيث أنّه يمثّل الابتعاد عن الطبيعة، من حيث أنّ ما هو اصطناعي يحلّ شيئاً فشيئاً مكان ما هو طبيعي، لا سيّما عندما لا تكون الفوارق بين الاثنين كبيرة. إنّ معارضة التطوّر التقني قد تستند إلى اعتبارات عامّة أخرى. مثلاً إذا كان يجب، كما سبق أن قلنا، أن يوجد توافق معيّن بين النظام التقني والنظام الاجتماعي، فإنّ ظهور النظام التقني الجديد، كما هو الحال في أيّامنا هذه، يستلزم، عاجلاً أم آجلاً، وبدرجات متفاوتة العمق، تطوّراً في أشكال المجتمع. أمام أشكال المجتمع الجديدة هذه، أو بالأحرى أمام التغيّر في موازين القيم الذي يستلزمه التطوّر التقني يقف

البعض محتجاً ومعترضاً، وبعد أن يقيم علاقة من السبب إلى المفعول وحيدة الاتّجاه لا يمكنها أن تكون بالوضوح الذي يزعمه، يرى في التطوّر التقني سبباً لمآسي المستقبل.

بالطبع يؤدّي هذان الموقفان إلى وضع أهميّة وجدوى التطوّر التقني موضع الشكّ، لا بل أكثر من هذا، إنّهما يُبرزان ويؤكّدان على مخاطر التطوّر التقني. يوجد مواقف مخالفة للعلم كانت موضوع العديد من الدراسات الدقيقة؛ هذه المواقف ترافقها مخالفة للتقنية. وقد أجرت الوكالة العامّة للبحث العلمي والتقني في فرنسا سنة 1972 حملة أظهرت أنّ الموقف المضادّ للتقنية منتشر أكثر بكثير من الموقف المضادّ للعلم. ففي سلّم المنفعة الإجتماعية، يشغل الباحث العلمي مكاناً مشرّفاً، خلف الطبيب (ممّا يعكس أنانية غير واعية لأنّ الطبيب مفيد مباشرة للإنسان)، ولكن قبل المهندس. لقد أثبتت هذه الحملة وجود قطبين في المواقف تجاه العلم المعتبر ضمنياً كمصدر أكبر للتطوّر التقني.

في المحيط الذي لا يتميّز بثقافة عالية يخلط الناس العلم والتقنية مع عالم النفوذ السياسي، الاجتماعي والاقتصادي. هذه الرؤية تعني ثقة أقلّ بالباحثين العلميين عندما يكونون معنيين مباشرة في عملية نفوذ معيّنة. وسرعان ما يرى هؤلاء الباحثون تتوجّه نحوهم مشاعر الابتعاد والاحتراس التي تقوم عادة تجاه عالم السياسة.

يبدو أيضاً أنّ ردّة الفعل هذه موجودة عند الأشخاص غير المثقّفين علمياً، كرجال القانون أو الأدب مثلاً. وبالمقابل نجد هذه الصورة معكوسة عند الأشخاص المتطوّرين علمياً: «فهم يعتبرون عالم العلم مختلفاً عن عالم السياسة».

إلى جانب هذه المخاوف العامة، والتي تصعب الإحاطة بها، يوجد تخوّفات محدّدة، ملموسة، وجزئيّة بمعنى أنّها ليست بالضرورة ركن رفض شامل للتطوّر التقني. لنقف عند بعض الحالات.

القلق الذرّي معروف بشكل عام، وتروّج له بعض الحملات، في الولايات المتّحدة وفي أوروبا، منذ سنوات عديدة فتلقى صدى أكيداً لدى الشعوب المعينة. لقد تمّ إبراز كلّ ما يتعلّق بضرر الإشعاعات الذرّية التي تحدثها المفاعلات الذرّية. حتّى الآن ذكرنا ناحية واحدة من الموضوع: فالكلّ يعرف ماذا يجب أن نفكّر بالنسبة لاحتمال حرب ذرّية. أمّا في مجال المفاعلات الذرية فيُعتقد أنّ المواليد، الأسماك، النبات، وكلّ البيئة كما يُقال اليوم، قد يطالها الإشعاع عن بعد عشرة كيلومترات: في مكان ما قد تصبح نباتات الهليون حمراء اللون، وهو اللون الأكثر خطورة. لقد أقيمت حملة حول مفاعل شينون Chinon في فرنسا، تسبّبت بتوهّمات وبأنواع من الذعر الظاهر أو الذي لم يمكن ستره، بمواقف غير مضبوطة، وباحتجاجات منظّمة. وقد أدّى الأمر بمنظّمي هذه الحملة إلى نقل الخوف من القنبلة إلى

المفاعلات الذرية، مع الإشارة إلى أنّ الإحتجاجات ضدّ القنبلة هي أقلّ عنفاً واستمرارية من التي نسمعها ضد الاستعمالات السلمية للطاقة الذرية. من جهة أخرى نخاف من الإشعاعات قدر ما نخاف من الانفجارات. أمّا أوضح التفسيرات بالنسبة لعدم وجود الخطر فتصطدم معظم الأحيان بهالة الغموض الذي يكتنف عمليات مفاعل معيّن.

وهناك دراسات أخرى أظهرت أنّ هذا القلق الذرّي ليس عامّاً لهذه الدرجة. لنفترض، كان السؤال يقول، أنّنا نبحث في إقامة مفاعل ذرّي من أجل إنتاج الكهرباء وأنّ الباحثين العلميين يؤكّدون عدم وجود أيّ خطر، هل تفكر بأنّه يجب منحهم:

ثقة كاملة	19	%58
ما يكفي من الثقة	39	
القليل من الثقة	22	%37
ثقة معدومة	15	
دون رأي	5	

ماذا يمكن الاستنتاج من كلّ هذا؟ فالوضع دقيق، وملموس: إنّ المفاعلات الذرّية موجودة فعلاً. إلاّ أنّ الريبة، والحذر، والمخاوف، والقلق هي أمور منتشرة، ومنتشرة إلى درجة تتعلّق غالباً بمسائل غريبة كلّياً، على الأقلّ ظاهرياً، عن الفعل التقني البحت. مثلاً عملية النقل التي تمرّ بمخاوف التقنية ومعارضاتها إلى مفاهيم أقلّ وضوحاً تتعلّق بالنفوذ السياسي: إن التقنية، في بعض المجالات، تعطي للسلطة التي تملكها قوّة تصعب مراقبتها. ولكن هناك بلدان أدركت الأمر جيّداً: بروح من الحرية، هذه الحرية التي يجب أن تتجاوز اليوم المقاييس القديمة، هناك بلدان عرفت كيف توجد ما يسمّى بالسلطات المعدَّلة. لنفكر، في مجال التقنيات الإدارية التي تصبح خانقة أكثر فأكثر، بهؤلاء الحكّام الذين ولدوا في البلدان الشمالية، وبدأوا اليوم يظهرون في البلدان الأوروبية الوسطى. للأسف لم يفكّر أحد بعد بكتابة تاريخ الحرّية، بأن يصف تطوّر هذا المفهوم.

ليس من السهل إيجاد الحلول، أو تطبيقها. نأخذ كمثل تأثير التلفزيون على الجمهور، في عالم تتغلّب فيه السمعيات على البصريات بوضوح. في معظم الحالات نجد هذه الأداة، وهي قوّة لا تُقارن بالنسبة لقولبة الأذهان، بين يدي الحكومات. ولكن هناك حالات خاصّة يمكن أن نحشر بينها حلاً معيّناً. في الولايات المتّحدة التلفزيون حرّ، ولكن من خلال هذا فإنه يتوقّف على المصالح الخاصّة وقد انصهر نوعاً ما في قالب الصحافة. المردود التجاري هو الذي يسيطر، على حساب الثقافة أو حتّى الخبر الصحيح، لدرجة

يُحث فيها عن محطّة مستقلّة عن الجميع، تموّلها مؤسّسات كبيرة. في إنكلترا أقيم التوازن بين السلطة السياسية، التي تعيّن المسؤول، وهذا المسؤول نفسه، الواعي إلى واجبه وإلى دعم واحترام الرأي. هنا نرى التطوّر التقني مرتبطاً ببنيات يجب تحديدها أو تطويرها.

كتب أحد الكتّاب العلميين منذ فترة أنّه «متى يصبح لكلّ منزل، في هذا العالم الصناعي، جهاز تلفزيونه الخاص، نرى أنّ المجتمع لم يعد نفسه». وكان يضيف:

بالرغم من هذا النفوذ المثير للقلق، فإنّ التلفزيون قد وُضع أصلاً بصورة تجريبية بمحض صدفة الظروف والعادات (...)، لقد أصبح التلفزيون أداة جديدة في مجموعة أدوات السلطة التنفيذية. كان من المهمّ تحديد الغايات قبل خلق البنيات. لقد أصبح الإنسان الحديث مشاهداً تلفزيونياً أكثر فأكثر وتقدّمت الصورة المتلفزة على وسائل الثقافة الأخرى، باستثناء بعض الحالات النادرة التي تلتقي مع هذه المعارضات غير الواضحة التي تكلّمنا عنها. ويعتقد البعض أنّ هذه «النخبة الثقافية»، التي كانت تنشر فكرها عبر وسائل ضعفت نوعاً ما، رأت إمتيازها القديم يمرّ إلى أياد أخرى. كما يبدو لها، وهنا قمّة الهول، أنّ كلّ شيء إنتقل من جهة إلى السلطة السياسية وأنّ الإنسان، من جهة أخرى، يتخلّى عبر الرفاهية عن حريته لأنّ التلفزيون ينقل إليه الحلول والتأكيدات.

وهناك ميدان آخر من ميادين التقنية الحديثة يثير نفس النوع من المخاوف، وبدأت الأضواء تتسلّط على أمور لم تكن بعد قد أثارت الرأي العام. لنذكر ما قاله بيار لاروك Pierre Laroque:

في الماضي، قلّما أثّرت الآلة على شيء غير إنتاج، نقل وتوزيع السلع والخدمات، بعيداً عن ممارسة النفوذ السياسي وعن حريات الأفراد. ولكن ظهور الحاسبات الألكترونية وتطوّرها يخلقان وضعاً جديداً، من حيث أنّها تستقبل وتعالج معلومات تمتدّ إلى جميع مظاهر الحياة العامّة والخاصّة للنشاطات الجماعية والفردية.

«إنّ المعلومة، منظوراً إليها من الزاوية الجماعية، هي أداة نفوذ». ونلحظ هذا الأمر على جميع المستويات: إنّ قوّة جامعة، قوّة شركة، أو قوّة بلد ما تتعلّق بدرجة كبيرة برحبة حاسباته الألكترونية وقيمتها. الحظر الذي وضعته الولايات المتّحدة على تصدير بعض أنواع الحاسبات هو أوضح دليل على هذا. تلزمها وسائل كبيرة من أجل تلقيمها المعلومات في مجالات واسعة أكثر ما يمكن، باستثناء حاسبات إدارة الأعمال. عندئذ تنطرح مسألة سياسية. كي لا تترك لفئة معيّنة امتياز الحصول على المعلومات قامت بعض البلدان بتأميم وكالات الأنباء: المسألة نفسها تنطرح بالنسبة لوصول مختلف قطاعات شعب معيّن إلى المعلومات، أي إلى الحاسبات.

وهناك أكثر من هذا. «يسمح الحاسب بتجميع معلومات كاملة أكثر فأكثر عن جميع مظاهر حياة كلّ فرد من الأفراد، ممّا يحدّ كلّ يوم أكثر من استقلاليته ومن خصوصيته». باستعماله كلّ هذه المعطيات، متنوّعة الطبيعة، غير أكيدة الصحّة أحياناً، وصعبة المراقبة «يسمح الحاسب بتجميع المراقبات الاجتماعية، ومع كلّ السلطة التي تكتسبها هذه الآلة مؤكّدة النجاح، يفرض على الجميع امتثالية مستمرّة». إذا كان النظام يقوم بالتحقيق والمقارنة ويمحو هكذا، ولكن جزئياً، المعلومة الخاطئة، فإنّه بالمقابل يحجز الفرد في ماضيه، أو في شكل من أشكال الماضي قولبته البرمجة. إذن بالنهاية فإنّ «المعلوماتية، عدا عن نواحيها التقنية، الاقتصادية والمالية، تطرح معألة قانونية وسياسية، مسألة ممارسة السلطة وخاصة مراقبة هذه الممارسة». إنّنا نلتقي هنا بمسألة البنيات المؤسّسية التي يتعيّن على تطوّرها بالضرورة أن يتبع التقدّم التقني. أساس التخوّف هو معرفة من سيربح السباق.

إذا كانت حرّية الأفراد تجاه المشكلة التقنية هي مسألة في غاية الأهميّة، ولا أحد ينكر هذا الأمر، فهناك أيضاً مسائل أخرى تتعلّق أكثر بالحياة المادية اليومية. وهي تقع على عدّة مستويات، قطاعية أو عامّة.

إنّ إستبدال الإنسان بالآلة هو وسواس لا يعود تاريخه إلى عصرنا فقط. لقد أشرنا إلى أنّ حركة العمّال اللودّية في إنكلترا وتدميرهم للآلات، منذ النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، كانت تترجم بشكل عنيف مخاوف الطبقة العاملة. في النصف الثاني من ذاك القرن يبدو أنّ هذا الخوف تلاشى بعض الشيء، وربّما كان السبب في هذا يعود إلى تطوّر الإنتاج وتوسّعه مقابل تطوّر أخفّ في الآلات وإلى ظهور قوى معوّضة فعّالة نسبياً. ولكن نحو نهاية الفترة ما بين الحربين، وخاصّة بعد الحرب العالمية الثانية، أدّت إنطلاقة التألية من جديد إلى إحياء المعارضات والقلق. الالتباسات عديدة وتفسّر جزئياً المواقف المتتالية والمتناقضة غالباً التي أُخذت. لا شكّ في أنّ التألية تحدّ في القطاعات التي تشهد تطبيقها من عدد العمّال، أو أنّها بالأحرى تقلب توزيع المهمّات. بعد الحرب العالمية الثانية، أبدت النقابات الأمريكية قلقها الشديد حيال انتشار التألية، لا سيّما في مجال صناعة السيارات، ثمّ حذت حذوها النقابات البريطانية. بعد ذلك هدأت عندما أدركت أنّ البطالة التكنولوجية لم تكن بالحجم الذي اعتُقِد.

إلاّ أنّه وُجدت وما تزال توجد مرحلة صعبة يجب اجتيازها. لقد كان بالفعل من المنطقي القول أنّ قسم اليد العاملة الذي تعرّض للبطالة بسبب التألية قد تعوّض عبر انتشار قطاعات ميكانيكية وكهربائية. وانتقال اليد العاملة من صناعة إلى أخرى هو أمر دقيق للغاية: من الصعب أن نحوّل الميكانيكي إلى عامل الكترونيات، لا سيّما بعد مرحلة معيّنة من

العمر. لقد أجرت دراسة حول العمل في مصانع شركة رينو Renault تظهر لنا عدد المهن التي اختفت (لقد كان عدد النجّارين كبيراً في البداية) وظهور مهن جديدة على درجات متفاوتة من البطء تبعاً للقطاعات.

إذن يقلب التطوّر التقني وضع البنيات المهنية وبالتالي قسماً كبيراً من المجتمع. ولكن الأمر ليس فقط كناية عن إختفاء أو ظهور لمهن معيّنة، بل أيضاً اختزال سريع لأنواع المهن وإقامة طبقية واضحة المعالم. فالمهن الوسيطة تنزع إلى الإختفاء، ولهذا يُعتقد في بعض الأماكن أنّنا نسير نحو نوع من الثنائية القطبية المهنية: العامل غير المثقّف تقنياً الذي نسمّيه بالمتخصّص، والتقني الذي يعرف تماماً القطاع الذي سيحيا فيه حياته المهنية. ثنائية قطبية بالطبع، ولكن تترك الأوّل في مستواه، وتدفع الثاني إلى التحسينات المستمرة.

كذلك لا بدّ من القلق حيال الإلزامات التي يفرضها التطوّر التقني على البنيات الاجتماعية. قد يردّ البعض بأنّ الإنسانية لطالما عرفت فترات التأقلم الضرورية هذه، ولكن من حيث أنّنا نعتقد بتطوّر متواصل، متغيّر الحدّة، لا يمكن إلاّ أن نقلق بعض الشيء بشأن المسألة. إذ لا يمكن للطرح الدائم لمشكلة الطبقات والبنيات الاجتماعية أن يوفّر للمجتمعات، التي تتطوّر بصعوبة بالغة، حدّاً أدنى من الأمان الذي تحتاجه.

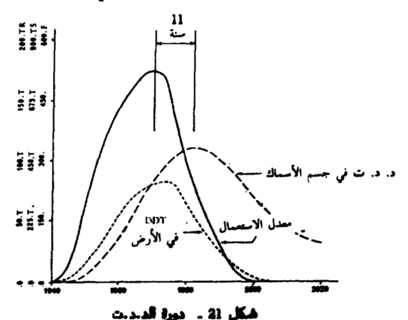
أمّا الصورة الأكثر انتشاراً للوجه الآخر للتطوّر فهي اليوم التلوّث. في هذا المجال فإنّ التطوّر التقني، وبالتحديد أكثر نموّ الصناعة المرتبط بالطبع بالتطوّر التقني، لا يطالان حرّيات الأفراد والأوضاع الاجتماعية، بل الحياة نفسها وكلّ محيطها المادّي. علينا كما قلنا أن نحدّد المفاهيم. لقد وجد التلوّث، تحت أسماء أخرى، منذ وقت بعيد، ففي ظلّ الإمبراطورية الثانية في فرنسا، كان موضوع تشريع خاص، يتعلّق بالمؤسّسات التي سمّيت بالوبيئة. وكان هذا التشريع يقوم بحملة عامّة على إقامة المؤسسات الصناعية التي قد تنقل عناصر مضرّة بالصحّة العامّة، بصحّة السكّان المجاورين لها. وعلى مدى التطوّر التقني، مع ولادة أو تحوّل الصناعات، كان يتمّ تصحيح لائحة المؤسّسات الوبيئة وإكمالها وتوسيعها.

لا شكّ في أنّ حجم التلوّث يعود إلى التطوّر التقني من حيث أنّه يخلق صناعات جديدة، ومن حيث أنّه يتيح أيضاً توسّع بعض الصناعات القائمة. يرتبط التطوّر التقني والانتشار الصناعي ببعضهما ارتباطاً وثيقاً. كذلك لا يجب إغفال النموّ السكّاني وتركّز النشاطات الصناعية أكثر فأكثر، ما يؤدّي إلى تجمّع السكّان في مراكز مدينية

كبيرة. فبحكم انتشارها، أصبحت التجمّعات السكنية الكبيرة ملوّثة أكثر فأكثر. أكثر من هذا، أصبحت مواد بعض الصناعات ملوّثة بدورها: تدفئة مركزية على المازوت، السيارة أو الطائرة إذا أردنا أمثلة عن المنتجات النفطية، بينما نرى في حالات عديدة أخرى مسألة النفايات تنطرح بشدّة (النفايات الذرّية، الوحول الحمراء، إلخ). إذن كان تقرير نادي روما على حقّ عندما قال: «التلوّث هو دالّة مركّبة تبعاً للسكّان، التصنيع والنموّ التكنولوجي».

في الحقيقة، في الكثير من الميادين ما تزال معلوماتنا ناقصة. هناك أنواع من التلوّث المباشر كما من التلوّث غير المباشر. هناك تلوّث فوري، كتلوّث الهواء مثلاً، ولكن أيضاً تلوّث على مدى معيّن. هناك التلوّث الذي يتلاشى، والتلوّث الذي يمتدّ. لقد أكّد تقرير نادي روما أنّ «عدم معرفتنا لمدى قدرة الأرض على إمتصاص التلوّث هو سبب كاف كي نحاول القضاء على مصادره».

بعض الأمثلة تظهر لنا النماذج التي استعملت. المثل الأوّل يتعلّق بمادّة الد.د.ت DDT التي أقرّ بضررها على المدى البعيد، كما أقرّ بفعاليتها على المدى القريب. تبلغ قيمة الإستهلاك السنوي لها في عمليات التعقيم حوالي 100000 طنّ، يتبخّر قسم منها وتحمله التيارات الهوائية قبل أن يعود ويقع على الأرض أو في البحر. في البحر ينتقل قسم من الد.د.ت إلى العلق البحري، ثمّ إلى الأسماك وأخيراً إلى الإنسان. وفي كلّ مرحلة من دوراته فإمّا أن يتراجع ويتحوّل إلى مواد غير مؤذية، إمّا أن يتركّز في أنسجة للكائنات الحيّة، وكلّ



شكل 21 - دورة الد.د.ت

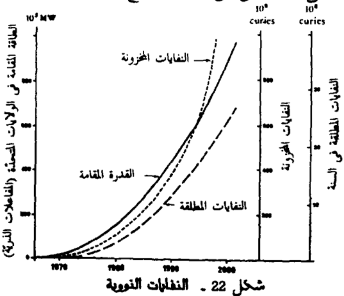
(عن ميدوز Meadows، «Halte à la croissance»، باريس، 1972).

مرحلة هي عبارة عن أجل معيّن. المخطّط البياني في الشكل 21 قدّمه نادي روما ضمن الافتراض أنّ استهلاك مادّة الد.د.ت بلغ حدّه الأقصى وبدأ يتراجع إلى أن يبلغ نقطة الصفر سنة 2000. إذن سيكون من الواجب انتظار خمس وعشرين سنة كي تعود نسبة الد.د.ت في جسم الأسماك إلى ما كانت عليه سنة 1970.

نشير إلى أنّنا نجد دورات مشابهة بالنسبة لمواد أخرى: هكذا مثلاً بالنسبة لمعدنين تستهلكهما الصناعة الحديثة بكمّيات ثابتة، هما الزئبق والرصاص.

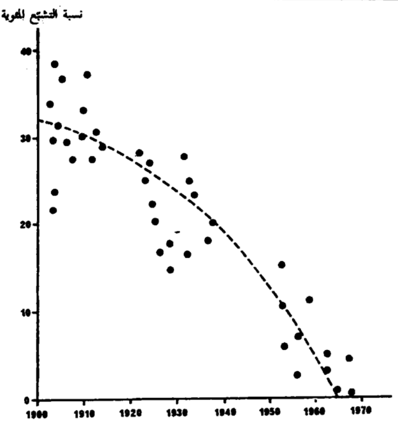
هناك أيضاً مخطّطان بيانيان آخران عرضهما التقرير لا يقلاّن مغزى عن المخطّط الأوّل. يتعلّق أوّلهما، كتوقّع، بكمّية النفايات الذرّية تبعاً لسعة وقدرة المفاعلات النووية المقامة (شكل 22). لقد بدا من الواضح أنّ المنحنيين يتطابقان. أمّا المنحنى الثاني فيعبّر عن نسبة الأكسيجين في مياه بحر البلطيق (شكل 23)، فهذا البحر هو مغلق نوعاً ما، دون تحرّك كبير للمياه. إذن تتراكم فيه النفايات العضوية وفي بعض الأعماق بدأت كثافة الأكسيجين في الماء تهبط إلى الصفر منذ الآن.

يمكننا مضاعفة الأمثلة: كتب عديدة خُصّصت بأكملها للتلوّث وصوّرت عمق المسألة وإمتدادها. وللمسألة بالطبع أوجه عدّة، كما أنّ الوعي العام لها أصبح ظاهرة لا يمكن تجاهلها. ونجد حكومات وحتّى مؤسّسات ابتكرت خدمات مضادّة للتلوّث. إلاّ أنّ طرح المسألة، من كلا الجهتين، شيء وحلّها شيء آخر، لا سيّما أنّنا توصّلنا إلى سماع حلول على أقصى ما يمكن من التباعد: لنلغ الصناعة والتطوّر التقني بدلاً من



شكل 22 ـ النفايات النووية

(الكوري هو وحدة النشاط الإشعاعي) (عن ميدوز).



شكل 23 ـ نسبة الأوكسيجين في مياه بحر البلطيق (عن ميدوز).

التلوّث يقول البعض، فيردّ آخرون لننتج ونحسّن مستوى الحياة، مع احتمال التلوّث بعض الشيء، الأوائل يتكهّنون بورطة شاملة، بينما يحكم الآخرون بوجوب القيام بالاختيار.

لقد تمّ تصوّر عدّة أنظمة يمكن اختصارها بحلّين قد لا يكونان بالضرورة قابلين للتبادل: الضريبة أو التكليف. الفرق أنّ التكليف يخلق ما يسمّيه علماء الاقتصاد بالإيراد. الضريبة تجعل هذا الإيراد يعود للدولة بينما التكليف يفيد به الملوّثين والمالكين العقاريين. في كلتا الحالتين النتيجة هي نفسها بالنسبة للمستهلك مهما كان نوع الدفع الضروري من أجل تخفيض، إن لم يكن القضاء على التلوّث.

بالنهاية كلّ شيء يُترجَم عبر نفقات. بهذا الصدد تكثر نتائج الإجراء ضدّ التلوّث، غير المباشرة كما المباشرة. وهي تتعلّق بمدى مرونة العرض، والطلب، والاستبدال بالإنتاج وبالاستهلاك، وبينيات الأسواق. لقد تمّ رسم نماذج معيّنة كمحاولة لاستبيان نتائج الإجراءات ضدّ التلوّث، في قطاعات محدّدة، في إيطاليا، في الولايات المتّحدة، في اليابان. وقد قدّمت الأرقام بشأن هذه القطاعات المدروسة:

	تزايد النفقة بالنسبة المئوية	تزايد السعر بالنسبة المئوية
كيمياء	5,0	5,0
سكّر	3,8	3,4
مشروبات كحولية	3,4	3,0
مواد بلاستيكية	3,0	3,0
مشتقّات البترول	2,5	2,5
أدوية، عقاقير	2,0	2,0

ويصل مستوى بعض النفقات أحياناً إلى حدّ يجعلنا نعجز عن تقدير حجم المشاكل المطلوب حلّها. سنة 1972 أنفق كلّ من شركتي جنرال موتورز وفورد حوالي 350 مليون دولار من أجل مراقبة الانبعاثات الغازية من السيارات. ممّا أدّى، عدا عن تزايد أسعار السيارات، إلى زيادة في كلفة الصيانة واستهلاك البنزين. أسعار السيارات الصغيرة خضعت لزيادة تبلغ 25%، وسوف نعود إلى هذا الموضوع. أمّا ما يتعلّق بالوحول الحمراء، التي صبّتها إحدى الشركات الإيطالية في البحر، فإنّ الإجراءات التي اتّخذت من أجل منع التلوّث تترجم بزيادة 18% من سعر التيتان. في تقرير وضعه في شهر أيلول سنة 1973 قدّر المجلس الأمريكي لحماية البيئة بِ 274 مليار دولار نفقة مكافحة التلوّث بين السنتين 1972 و 1981، ووزّع هذا المبلغ على الشكل الآتي (بمليارات الدولارات):

التلوّث الجوّي	105,6
تلوّث المياه	121,3
النفايات الجامدة	41,8

وصلت الأضرار التي نتجت سنة 1968 عن التلوّث الجوّي وحده إلى 16,2 مليار دولار. وفي سنة 1977، ارتفعت الخسائر السنوية إلى 25 مليون دولار ويذهب بعض العلماء في تفكيرهم إلى الاعتقاد بأنّ تكثّف طبقات ثاني أوكسيد الكربون في الجوّ، الناتج عن احتراق الهيدرو كربورات، قد يشكّل حجاباً، ويخفّف حرارة الشمس التي تصل إلى الأرض ويُغيّر المناخ بصورة ملحوظة.

والقلق حقيقي لدرجة إضطرار بعض المصانع لإغلاق أبوابها. مصنع للورق،يقع بالقرب من مدينة جيرارمير Gérardmer في فرنسا، يستعمل 200م^3 من الماء لكل طن من الورق ويرمي، مع هذه الماء، أليافاً من السلّولوز وخاصّة من النشاء الذي يهلك نباتات

مجرى الماء. أمّا إقامة أجهزة للتنقية فكانت تُقدَّر، من قبل إدارة المؤسّسة، بقيمة 2,5 مليون من الفرنكات. فكانت النتيجة ترك التجهيز حيث لم يكن بإمكان المصاريف، المطبّقة من جهة أخرى على عتاد قديم نوعاً ما، أن تأتي بالمردود المطلوب بالنسبة لسعر السوق. وفي بعض الأحيان نلتقي برفض للإنشاءات الصناعية، إذ نذكر مثلاً معمل التكرير المتنقّل في المنطقة الليونية، ومعمل التكرير في برست Brest، دون أن ننسى إقامة المفاعلات النووية. عندما يصل الازدحام الصناعي والتلوّث إلى الحدّ الذي لا يعود بعده أيّ شيء ممكناً، لا بدّ من الذهاب للبحث عن مكان آخر. «تعالوا وتلوّثكم إلينا»، قيل في البرازيل، متيقّنين من أنّ مجموعة فوس Fos للصناعة الحديدية هي الأخيرة من نوعها في فرنسا.

إنّ التطوّر التقني هو المسؤول، بدرجة لا يُستهان بها، عن تسمُّم الطبيعة هذا. فالتطوّر في مجال النقب والتقطير هو الذي سمح بنمو الصناعة البترولية، والتطوّر التقني هو الذي أدّى إلى تخفيض سعر السيّارة وبالتالي إلى توسيع السوق ونمو رحبة السيارات. الشيء نفسه بالنسبة للمواد الجديدة، لا سيّما المواد البلاستيكية. إنّ تراكم النفايات هو أحد أشكاله الملحوظة. في الماضي، كما لاحظ بحقّ الروائي الفرنسي شابرول Chabrol خلال حلقة تلفزيونية، كانت نسبة النفايات ضئيلة جدّاً؛ اليوم هي كبيرة الحجم بصورة ملموسة. على أيّ حال تظهر الاحصائيات أنّ حجم، إن لم يكن وزن، النفايات المدينية لا يتوقّف عن التزايد بشكل هائل.

في الواقع لا نملك تحليلات عميقة لمختلف الظواهر التي نذكرها هنا. يتعيّن أن نعرف إلى أيّ مدى تؤثّر مختلف أنواع التلوّث على البيئة، إلى أيّ مدى يُصبح وضع العالم البيئوي مأساوياً أكثر فأكثر وماذا يمكن للأفعال المضادّة للتلوّث أن تكون. وفي هذه الحالة الأخيرة، كلّ الانعكاسات التي قد تنتج عنها في جميع الميادين.

التلوّث ليس السيّئة الوحيدة للانطلاقة الصناعية، وبالتالي التقنية، في البلدان المتقدّمة. فهناك ما نسمّيه بشكل عام بالأضرار، وهي ذات طبيعة متنوّعة والبعض منها قديم جدّاً. لن نأخذ أكثر من مثلين، يميّزان الحضارة الحديثة.

لقد أقيمت المؤتمرات الطبية التي اهتمّت «بأمراض المدينة، بالحياة في المدن». إنّ تطوّرات التقنية، في كلّ الميادين، إن في ميدان الإنتاج الصناعي أو في ميدان الإتصالات، تؤدّي إلى نموّ مديني سريع. والمشكلة تبقى مشكلة الساعة من حيث أنّ التقنيات المدينية المحضة لم تتطوّر ولا شك على نفس الإيقاع. وبالطبع يوجد هنا أيضاً التلوّث الجوّي؛ المصانع التي أصبحت، منذ منتصف القرن التاسع عشر، أكثر فأكثر مدينية، التدفئة

المركزية، والسيّارات هي الأسباب الأولى. إنّ أكسيد الكربون أو النيتروجين، ثاني أوكسيد الكبريت، أملاح الرصاص، الهيدروكربورات، الرماد، القطران أو الغازات المتنوّعة جميعها تؤدّي لدى الأشخاص الحسّاسين إلى نوبات مرضية أو مميتة تتجاوز المعايير المعروفة حتى ذاك. ولكن من جهة أخرى قدّر بـ ١٤ مليوناً عدد الأمريكيين الذين يعانون من ضجيج الطائرات التي انتقلت تحرّكاتها من 47 مليوناً في السنة سنة 1968 إلى 120 مليوناً سنة 1978. حركة المرور، ورشات العمل العامّة، الإرتجاجات المختلفة في أبنية ليست مبنية جيّداً كي لا تكون مرتفعة الثمن جميعها عبارة عن مصدر أذيّة يزيد من صعوبتها كونها متواصلة وكون الجهاز العصبي لساكن المدينة يؤدّي به إلى أن يكون زائد الحساسية. حتّى فرق الجاز التي تتجاوز، مع 125 دسيبل، الحدّ الذي قد يحدث بعده آفات في الجهاز السمعي. ظواهر الاكتئاب التي نجدها في التجمّعات الكبيرة، القلق، العصاب أو الجنون الذي تفرزه مدن اليوم الضخمة، رفض الاختلاط، الضجيج، المزاحمة والازدحام، المخدّرات، الكحول، الانتحار، هذه هي الصور المتكرّرة التي توحي بها حياة المدينة والتقنية الحديثة. لقد أكّدت عليها الأبحاث، وصوّرتها الأفلام وشكت منها الكتب ومقالات الصحف. ومن حيث أنّ التمدين هو أحد أوجه التطوّر التقني الحالي فقد كان لا بدّ من تقديم هذا الأخير كأحد الأسباب الأساسية لهذا الضيق لأنّه يدخل في كلّ الأضرار: إزدحام السيارات، ضجيج، هاتف، إلخ.

لنأخذ كمثل ثان السيارة التي وضعها التطوّر التقني في متناول عدد كبير من الناس. في نهاية سنة 1971 كان يوجد في فرنسا سيارة لكلّ 3,3 أشخاص: فتقريباً كلّ الذين يحملون كرهاً للسيارة في قلبهم يملكون واحدة. لقد أبرزت إحدى الصحف الهجومات العديدة التي تتعرّض لها السيارات اليوم.

إنّ أعداء السيارة يشكّلون جيشاً بحاله ويثيرون الكثير من الضجيج. في قدس الأقداس، في معرض السيارات في نيويورك، رأيناهم يوزّعون الكراسات ذات العناوين المحرِّضة: The car is anticity؛ على الجادة الخامسة كان العمدة، جون ليندساي John Lindsay يسير أمام موكب من ألف سائق دراجة يحتجّون ضدّ التلوث؛ وهو مثل اتبّع في باريس، في 22 نيسان من قبل عشرة آلاف شاب تظاهروا على الدراجات هم أيضاً، ولكن دون عمدة في مقدّمتهم، «ضدّ السيارة التي تنتن، التي تقتل، التي تثير الزحمة، القبيحة، الفاسدة»؛ في ستوكهولم، في 11 أيّار، كانوا خمسة عشر ألفاً على عشب حديقة رنغستراد Rungsträdgarden يهتفون: «الأشجار ضرورية للحياة، ليس السيارات!»؛ في لندن، في 3 تموز، إقترح مجلس المدينة أن يدفع السائقون الذين يريدون المرور في وسطها من الساعة 7 إلى الساعة 18 قيمة معيّنة؛ في طوكيو، في 6 آب، منع المرور لعدّة ساعات في أحياء حيث كان التلاميذ قد انزعجوا من غازات الإنفلات؛ في فلورنسا، في 8 أيلول،

منع العمدة الاشتراكي الآليات المجهّزة بمحرك من المرور في منتزه كاسيني Cascine الكبير واستبدلها بدراجات من البلدية، إلخ.

كلّ هذا خلال سنة واحدة، 1973.

في هذه العاصفة، يحني أنصار السيارة رؤوسهم. فقد أصبح صانعو السيارات بنظر أهل الفكر في جميع البلدان المتحضّرة مسؤولين عن كلّ العلل، وأصبح عليهم أن يطبّقوا قوانين وُصِفت بالتعسّفية من أجل مكافحة التلوّث والحوادث، يجادلهم العمّال في مصانعهم وتجرفهم هذه العاصفة التي توجّه إليهم الإتهام وتزرع لديهم الشعور بالذنب. منذ صيف 1970 كان هنري فورد الثاني، حفيد الرجل الذي اخترع السيارة، يعلن: «إنّها نهاية العصر الذهبي». وأمام نادي الروتاري Rotary Club في تورينو، في 24 شباط 1972، كان أمبرتو أغنيلي Umberto Agnelli، مدير أعمال «فيات»، يعترف: «خطأنا الحقيقي كان في أنّنا لم نحاول التكهّن». وبالطبع لا يلتقي جميع الصانعين الكبار على نفس الرأي في ما بينهم. في جميع الصحف العالمية نرى إعلانات مدهشة، حيث تتساءل شركة «فيات»: «الآن ونحن نرى السيارة تطرح مشاكل أكثر ممّا تحلّها، إلى أين نذهب؟» وتلاحظ «فولفو»، الشركة السويدية: « لقد أصبحت السيارة بالنسبة للكثيرين رمزاً للضرر».

يمكننا، انطلاقاً من السيارة، أن نعيد كلّ ما قلناه. ولكن من أجل الاقتضاب لن نشير هنا إلاّ إلى بعض الميادين. ونبدأ أوّلاً، مع صانع سيارات كبير، الكلام عن بعض ما يتعلّق بصناعته.

لو ندرك أنّه بالنسبة للمكبس وحده فقط، الذي تقوم صناعته على عمليات سباكة تتبعها عمليات تصنيع، كان معدّل إنتاج المكابس المسبوكة في الساعة، سنة 1920، يبلغ 40 واليوم أصبح 450. عدد الآلات المستعملة من أجل كمية نموذج من 2000 قطعة هبط من 16 إلى 3، وعدد العمّال من 34 إلى 2. بالنسبة للتصنيع انتقل عدد العمليات من 14 إلى 5. كما انتقل وقت تصنيع المكبس من 33 دقيقة إلى 1,50 دقيقة، وعدد الآلات من أجل الكمية 2000 من 47 إلى 5، وما هو أهمّ أنّ عدد العمّال الذين كانوا يوجدون من أجل هذه الكمّية نفسها انتقل من 94 محترفاً إلى 20 عاملاً متخصّصاً، ثمّ 3 ضابطين فقط. في البدء، كان العمّال المحترفين يستخدمون بشكل أساسي مخارط ومثاقب. اليوم، لكلّ عملية، تمّ وضع آلات خاصّة من قبل تقنيين يستخدمها عمّال دون أي صفة احترافية أو فقط يراقبها ضابطون فتنتج على مدى دورة العمل القطع المطلوبة في برنامج الصناعة (...) هكذا فإنّ العمّال المحترفين الكفوئين، وعددهم محدود في مجال الاقتصاد، توقّفوا عن صنع السيارة في سبيل صنع الآلات الخاصّة، التي يديرها ويجعلها تنتج القطع المطلوبة عمّال متخصّصون، دون أي صفة احترافية. الواحد من هؤلاء العمّال المتخصّصين يمكن تأهيله بمدّة تتراوح بين عدّة ساعات وبضعة أيام. ويلزم من 3 إلى 10 سنين كي يصبح العامل المحترف الكفوء يعرف مهنته جيداً.

أي أنّه خلال عشر سنين بالكاد يحدث انقلاب كامل في عالم العمل، البنيات الاجتماعية، التأهيل المهني، وطبقية القيم في هذا المجال. وتجدر بنا الملاحظة أنّ الأرقام التي ذكرناها لتوّنا ليست حكراً على ميدان السيارات: من أجل صناعة حذاء، كان يلزم 3 ساعات سنة 1950، حالياً لا حاجة إلى أكثر من 32 دقيقة. يمكننا مضاعفة الأمثلة، ولكن السيّارة تبقى المثل الأفضل لإعطاء صورة عن هذه الانقلابات التي لا يعتبرها الكثيرون علامة جيّدة.

كذلك فإنّ تخفيض أسعار المبيع المتدرّج أدخل في ميزانية الأسر تعديلات لا تقلّ أهمّية. فقد أشير إلى أنّ ما معدّله 27% من ميزانية الأسر الفرنسية يخصّص للسيارة. إنّ الإدخال بهذا الحجم لنفقة من نوع جديد كلياً لم يكن ليتمّ إلاّ على حساب أنواع أخرى من النفقات. وفي هذا أوالية يعتبرها الكثيرون أيضاً سيّئة آخذة في الازدياد.

السيارة تلوّث بالطبع، خصوصاً المدن حيث سيعيش في السنوات القريبة كما يُقال القسم الأكبر من السكان. في الواقع ترسل السيّارات ثلاثة غازات مؤذية: أكسيد الكربون، الهيدروكربورات وأوكسيد النيتروجين، دون أن ننسى عدداً معيّناً من الجزئيات الجامدة، لا سيّما الرصاص. سنة 1969 جرت حسابات في الولايات المتّحدة أظهرت مسؤولية السيارة عن 45% من إنبعاث الهيدوركربورات، 65% من أوكسيد الكربون و 37% من أوكسيد النيتروجين. ومن المؤكّد أنّ السيّارة تلوّث أكثر بصورة بطيئة كما في المدن، ونفس الدراسة الأمريكية قدّرت بأنّ من 80 إلى 95% من أوكسيد الكربون في المدن الكبيرة يعود إلى وسيلة النقل هذه. كذلك نشير إلى أنّ السيّارات ذات الإسطوانات الكبيرة والسيارة القديمة تبعث كمّية أكبر من الغاز الملّوث.

ونصل حتماً إلى ناحية أخرى من أضرار السيارة، هي ناحية أكثر ملموسة دون شك، أكثر مرئية، وحتّى أكثر مأساوية. في أسفل السلّم هناك، خاصّة في المدن الكبيرة، الإزدحام الناتج عن تكاثر السيارات وغالباً ما يكون عدد ركّابها ضئيلاً. الزحمات التي تسبّب تلوّثاً إضافياً، سرعة غضب السائقين ونزقهم، غزو الأرصفة هي صور حاضرة في الأذهان ولا تحتاج منّا إلى وصف طويل.

أمّا حوادث السير فهي مذهلة أكثر، ونذكر منذ البداية رقماً يتعلّق بالموضوع. في فرنسا هناك أكثر من 200000 قضيّة في السنة ناتجة عن السيّارة: والمحاكم لا تكفي لمعالجة كلّ هذه الدعاوي القضائية. وهناك أخطر من هذا طبعاً، هل هناك من داع لذكر كلّ الكوارث التي تحدثها السيّارة؟ لقد استعملت كلّ الشعارات، وكلّ الصور. كما أشار أحد الكتب إلى أنّ «الأطفال الذين يولدون اليوم سيتعرضون جميعهم لحادث سيارة جسدي؛

2% يُقتلون، 25% يصابون بجروح طفيفة، و 15% بجروح خطيرة. أي مجتمع هذا الذي من بين كلّ فردين من أفراده هناك واحد سيُقتل أو يُجرح في حادث سير؟».

وهناك أيضاً أضرار أخرى ناتجة عن السيارة، نذكر منها تحوّلات الشخصية وكلّ ما تفرضه السيّارة على الجسم البشري.

ربّما هنا يناسب أن نتكلّم عن العلّة التي لا بدّ منها. حتماً لا مجال هناك لإلغاء السيّارة: فالتطوّر التقني لا يمكن عكس إتجاهه. لقد أصبحت السيارة تمثّل في اقتصادنا ومجتمعاتنا الحديثة أكثر من أن يمكن إلغاؤها بشحطة قلم. في فرنسا يقول البعض أنّ السيارة كانت تمثّل 7% من مجموع الرواتب، والبعض يذهب في القول حتّى 15% إذا أخذنا بعين الإعتبار كل من يعمل، من قريب أو بعيد، لصناعة السيارات. سنة 1960 بلغ تصدير السيارات 16,58% من مجموع التصديرات الفرنسية، 12,06% في ألمانيا، و 10,81% في بريطانيا. كما يمكن القول أنّ الحادث نفسه له مردوده: 40000 مؤسّسة للبيع والتصليح تستخدم عمل 245000 أجير. صحيح أنّ السيّارات والجرّارات قضت على مهن قديمة أخرى. ولكن كم كان يوجد من المبيطرين؟ وكم يعد هناك اليوم؟

حتماً يمكننا إيجاد حسنات للسيّارة، وحسنات متنوّعة جدّاً: ضرورات العمل، رحلات في الريف، بديل عن المواصلات العامّة غير الكافية. هناك أيضاً الفضائل النفسية للسيّارة. فقد أصبحت هذه الوسيلة ظاهرة جماهيرية: 20% من الأسر الفرنسية كانت تملك سيارة سنة 1953، 85,3% سنة 1972. هناك صحيفة إقليمية فرنسية كتبت أنّ الشباب يرون اليوم في رخصة السوق «كشهادة للدخول إلى المجتمع»، أهمّ من البكالوريا. كما أنّ ب. فيانسون ـ بونتيه P. Viansson - Ponté، في مقال اختار له العنوان النبيه «المحرّك والسعادة Moteur et bonheur» طرح السؤال التالي: ماذا يمكن أن يبرّر كل هذه الكوارث والأضرار؟

السيّارة هي معظم الأحيان البديل عن المسكن الضيق، غير الصحّي، غير الكافي. وعلى الأقلّ، هي ملحق وإمتداد لهذا المسكن، بعيداً عن الشارع، عن المشغل أو عن المكتب. إنّها الخصوصية العائلية التي ظهرت من جديد، دور الأب الذي ترمّم، كفاءته، مهارته ومعرفته التي اعترف بها مجدّداً، وأظهرت، وربّما اقتُسِمت في حال كانت الأمّ تستلم المقود أحياناً وحتّى الإبن البكر. إنّها الهروب، الاغتراب، المغامرة، الحرية، إنتقام عطلة نهاية الأسبوع من رتابة واكفهرار الحياة اليومية (...). ازدحام السير يوحي بوهم المساواة.

كذلك، عدا عن هذا النوع من الاستقلالية، السيّارة هي إرادة للحصول على القوّة وتحقيق طبقة اجتماعية معيّنة.

لقد أدرك صانعو السيّارات مختلف نواحي الوضع الحالي. سنة 1972 قدّم معرض

باريس السيّارة بأبهى حلّتها. «معرض النقاء» كتبت عنه إحدى الصحف. السيّارة ليست مسؤولة عن الازدحامات في المدن، التي شكا منها بوالو Boileau منذ القرن السابع عشر، بل المدينة هي غير متكيّفة كما ينبغي. أمّا بالنسبة للتلوّث فأنظمة التدفئة المدينية تسبق السيّارة في هذا المجال بكثير. السيّارة تخفّف العبء عن كاهل الإنسان، تسمح له بالهروب والعودة إلى الطبيعة.

كان على السلطات العامّة أن تتّخذ بعض الإجراءات، أقلّ جذرية بالطبع من تلك التي اقترحها أنصار السيّارة. ووجهتا النظر متناقضتان كلّياً؛ فبالنسبة لصانعي ومشجّعي السيارة، يبدو من الضروري حمل التقنيات المجاورة إلى مستوى الترابط مع تقنيات صناعة السيارات. مدننا وطرقاتنا ليست مكيّفة مع السيّارة: في هذا المجال يتعيّن أن نتحرّك. وإذا كان الأوتوستراد يحمل جواباً، إلى حدّ معيّن، فإنّ الحلول المدينية هي أصعب للإيجاد. بعد عدد معيّن من السنوات 85% من الفرنسيين سيسكنون المدن. سيتمّ توسيع المدن الحالية، وإقامة مدن جديدة، ضمن نطاق التفكير بالسيّارة. لقد صرّح رئيسْ شركة «فيات» لأحد الصحفيين: «الإتّهام سيلقى على المدن القديمة. سوف نحتفظ بها كمراكز تاريخية، كمتاحف. سوف نقيم في مدن جديدة تُطرح فيها مشاكل السير وتُحلّ منذ البداية».

بشكل عام تعتقد السلطات العامة وحتّى بعض الأشخاص المقرّبين من عالم السيارات بوجوب القيام بشيء حيال السيّارة نفسها. في المدن، ينبغي تحسين المواصلات العامّة التي يجب عليها نوعاً ما أن تحلّ مكان السيارة الفردية على نطاق واسع. من المؤكّد أنّ وسائل النقل العامة ما تزال تطرح بعض المشاكل التقنية دون حلّ. كذلك فإنّها تستلزم تغييراً عميقاً في عدد كبير من العادات (نذكر بشكل خاص عادات التجّار). وتظهر الأرقام أنّه يجب متابعة المجهود على مدى سنوات. إذا أخذنا كقاعدة 100 سنة 1962 نحصل، في باريس، على الأرقام التالية لسنة 1972:

الباص	75
القطار	115
المترو	120
السيّارة	150

كذلك أشير إلى أنّ مؤسّساتنا الحالية ليست معدّة بشكل عام لحلّ هذه المشاكل.

بالطبع، في المدينة، هناك السيّارة الصغيرة وقد جرت أبحاث عديدة في السنوات الأخيرة من أجل إبتكار نماذج مقبولة إن من ناحية الجمالية أو من ناحية الأسعار. ولكن ما يزال يوجد بعض الصعوبات يعود قسم منها إلى عامل نفسي. كانت سيارة فيات 500 مناسبة

جدّاً بالنسبة لبلد يتدنّى فيه مستوى المعيشة نسبياً؛ في فرنسا 80% منها ابتيعت كسيارة ثانية. والأمر مذهل أكثر بالنسبة لسيّارة الميني ـ أوستن Mini - Austin رغم أنّ سعرها أغلى بصورة ملحوظة.

أمّا العمل بشأن السيّارة كأداة ضرر وأذيّة فيتناول أكثر من ناحية. هناك أوّلاً المكافحة ضدّ التلوّث الناتج عن إحتراق الهيدروكربورات. وقد اتّخذت الإجراءات الأكثر تشدّداً في الولايات المتّحدة؛ وضعت الوكالة الفدرالية المكلّفة بحماية البيئة قوانين يُفترض بها أن تكون أدّت، سنة 1975، إلى رفع 90% من الملوّثات المنبثقة عن السيارات. وقد قام البحث لدى صناعيي البترول كما لدى صانعي السيارات. الأوائل حاولوا مجانسة الأمزجة، إيجاد أمزجة فقيرة قابلة للاشتعال، أي أن يؤثّروا نوعاً ما على الوقود دون أي تعديل في المحرّك. أمّا اليابانيون (هوندا Honda) فقد اتجهوا نحو محرّكات مفرّعة الشحنة، أي إلى محرّكات جديدة كلّياً. بالنسبة للصانع، يجب أن ينظر في وضع سلسلة من الأجهزة المتكيّفة مع محرّك يصعب إتقان مختلف أجزائه أيضاً طالما أصبحت هذه التقنية مشبعة. لقد كلّفت الدراسات التي جرت مبالغ طائلة ولا بدّ لسعر السيّارات أن يتأثّر بهذا بدرجة ملحوظة، وقد قدّمت قيم من 15 إلى 20% كنسب تزايد في الأسعار، والنسبة أعلى من جهة أخرى في ما يتعلّق بالسيارات ذات الأسطوانات الصغيرة.

كذلك تمّ البحث بشأن زيادة أمان السيارة وأُطلق في الولايات المتّحدة برنامج كامل لسيّارات الأمان التجريبية. ولكن كانت الحصيلة لدى الجميع تقريباً تكاليف عالية ونفقات كبيرة جدّاً. في الواقع كان يؤدّي تطبيق القواعد إلى سيّارات أكبر وزناً وقوّة بمرّتين أو ثلاث وأطول بكثير من السيارات الأمريكية الحالية. هنا أيضاً كانت الحلول تستبعد نهائياً السيارات الصغيرة والمتوسّطة. وقد كتب ر. غيلان R. Guillain في جريدة «اللموند»:

لم تأخذ الأفكار الأمريكية الأولى المفهوم الأساسي للعدوانية بعين الاعتبار: إنّ الحصول على الأمان عبر زيادة الحجم وصلابة السيارة يؤدّي إلى وضع دبّابة حقيقية على الطريق، أي خطر عام بالنسبة للآخرين. يجب أيضاً إدخال مفهوم التوافقية: فالسيّارات متفاوتة الحجم كثيراً ولهذا يتعيّن توزيع صدمة الحادث بين سيارتين بالشكل الأفضل وليس فقط من أجل السيارة بل أيضاً من أجل الركّاب. النتيجة: يجب تليين مقدّم السيّارات الكبيرة وتقسية مقدّم الصغيرة، وليس تقسية كل مقدّمات السيّارات كما في النظام الأمريكي. إنّ برنامج سيارات الأمان التجريبية لم ينتبه كما ينبغي إلى ما يحدث في السيارة المدعومة خلال الحادث، فقد كان يفترض بطريقة الوسادة المنفوخة (air bag) أن تحلّ كلّ شيء، إلاّ أنّها بدت غير كافية ومخيبة. لقد أهملت العلاقة كلفة ـ فعالية، ممّا أدّى إلى تزايد لا يحتمل في الأسعار يمكن أن يصل حتّى 40 أو 50%.

عندئذٍ ماذا تبقّى؟ فقط بعض التراجعات. من أجل تخفيض كمّية استهلاك الوقود في فترة نسمع فيها عن النقصان في الطاقة (وفي هذا مشكلة مهمّة لم نطرحها بعد)، كما من أجل تخفيض نسبة التلوّث والحوادث، أوصت الوكالة الفدرالية لحماية البيئة برفع ضريبي لدفع العامّة إلى الإتّجاه نحو نماذج أقلّ قوّة. أمّا الإجراء الثاني فقد أصبح عامّاً: الحدّ من السرعة. في معظم البلدان حدّدت السرعة القصوى بـ 100 كلم/ساعة على الشبكات التقليدية، لا بل وصلنا إلى إجراءات مشابهة على الأوتوسترادات. في هذا عكس ما كان يبحث عنه صانعو السيارات منذ سنوات.

والبعض يشكّ بفعالية الحلول المقترحة. لقد أشرنا، في بعض الحالات، إلى التزايد الملحوظ في سعر السيـ ارات التي تطبّق القوانين المطروحة. إجراءات الأمان تجعلنا نتوقّع زيادة 28% في أسعار السيارات متوسّطة القوّة، و 40% بالنسبة للسيارات الصغيرة. ولكن على أيّ حال ينزع هذا النوع الأخير إلى الاختفاء تدريجياً، رغم أنّه أحد الحلول للتلوّث وللازدحام في آن واحد. في فرنسا كانت نسبة السيارات الصغيرة في رحبة السيارت الموجودة عام 1955، 27%، فأصبحت 23% عام 1972. وقد أشير، عندما نكون بصدد إحصائيات صحيحة وليس أرقام مطلقة، إلى أنّه على الأوتوسترادات يبلغ عدد القتلى ثمانية أضعاف العدد الموجود في المنطقة المدينية، وتقريباً ضعفي العدد الحاصل على شبكة الطرقات العادية. أمّا السيارات الكهربائية فستكون مرتفعة الثمن، والمكبس الرحوي لن يحمل سوى تحسينات ضئيلة. عندئذٍ ألسنا نجد أنفسنا في حلقة مفرغة؟ لقد كان في فرنسا 000 3/300 سيارة سنة 1955، 000 000 /9 سنة 1965، 000 500 /12 سنة 1970، /16 000 000 سنة 1975، و 000 280 /19 سنة 1980؛ 000 340 /24 سنة 1990؛ وسيكون فيها /29 000 100 سيارة سنة 2000.

كما قُدّمت أرقام مذهلة أكثر. خلال خمس سنوات، من 1962 إلى 1967 تزايد إنتاج السيّارات الثلث. ومن 1967 إلى 1972 تزايد الثلثين. إذا استمرّ التزايد على هذا الشكل فإنّ فرنسا ستنتج سنوياً، عند نهاية القرن، 40 مليون سيارة وشاحنة. من 1968 إلى 1978 تضاعفت رحبة السيّارات وإذا استمرّت على هذا النحو كلّ عشر سنوات سيكون في فرنسا عند نهاية القرن 120 مليون شاحنة وسيارة. من 1971 إلى 1973 بلغت أعمال الأوتوسترادات السنوية ثلاثة أضعاف. إنّ هذا الإيقاع، أي التضاعف الثلثي كلّ ثلاث سنوات، قد يؤدّي في العام 2000 إلى وضع 4 ملايين كيلومتر من الأوتوسترادات كلّ عام. كلّ هذه الأرقام تظهر لنا جيّداً، وسنعود إلى هذا الموضوع، أنّه لن يكون بإمكان النموّ، بشكل عام، أن يبقى أسّياً.

إذن من الممكن تحديد كلّ التبذير الذي تحدثه السيارة؛ بالتلوّث، بالقتلى والجرحى، ولكن أيضاً بالمساحات التي تشغلها. عند حركة مرور متساوية، تشغل السكك الحديدية 215 كلم والطرقات 3400 كلم أي ستّ عشرة مرّة أكثر. ومن يعرف ماذا سيقدّم لنا المستقبل من أوتوسترادات، من مواقف، إلخ؟ هل يمكن أيضاً أن نتناول مسألة استهلاك الطاقة الهائل بالنسبة لمواردنا؟ الهائل بالنسبة لوسائل النقل الأخرى؟

أزاء مخاطر هذا الانتشار غير المحدود، تدعو الحاجة بإلحاح إلى السير في طريق أخرى: الاستقرار. كمرحلة أولى يتناول هذا الاستقرار إنتاج الشاحنات والسيارات: ممّا يبقى يسمح بزيادة رحبة السيارات الفرنسية تسع مئة ألف سيارة سنوياً. في المرحلة الثانية يصل الاستقرار إلى هذه الرحبة نفسها. إنّ هذه السياسة الجديدة لا تستدعي أيّ تقنين متحكّم ولا إجراءات قسرية بشأن الشراة المحتملين. إنّها تفترض فقط الحدّ من طلب السيارات والشاحنات بجعلها أغلى ثمناً وأقلّ ضرورة.

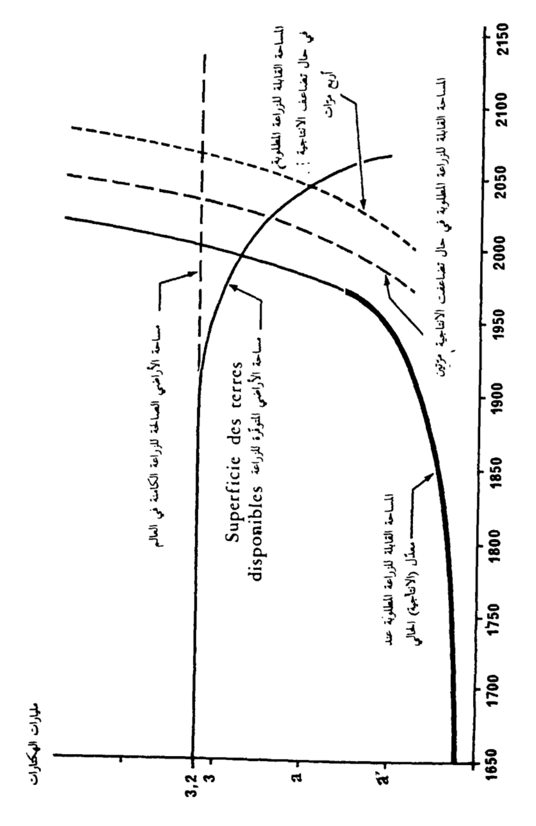
إنّها ليست فقط سياسة إنتاج وسوق، بل أيضاً سياسة تدبير، منافسة بين السكّة والطرقات، نقل مشترك، إلخ. قد تصل بنا إلى الهدف.

إذا فكّرنا بأنّ مشكلة السيّارات ليست سوى واحدة من المشاكل التي يطرحها التطوّر التقني، حتّى خارج قطاع المواصلات الذي تتأثّر به الجماهير، ندرك حجم المسائل التي يجب حلّها. لكن الحلول المقبولة لا يمكن أن توجد إلاّ في نطاق بحث شامل ومنهجي، وأحياناً بشكل لا يخلو من الصعوبة. إذا لم نعمد إلى هذا النهج فإنّنا، كما يقول الصحفي الذي كتب مقالاً بعنوان «السيارة، درجة النمو صفر»، نعرّض أنفسنا للكوارث.

المخاوف الأخيرة، المتعلّقة بالعالم أجمع، وبمختلف نواحي التطوّر التقني والإنتاج، تجسّدت، منذ بعض الوقت، في تقرير ميدوز Meadows الشهير وكان نتيجة أبحاث جرت في معهد ماساتشوستش للتكنولوجيا M.I.T، بناء على طلب من نادي روما. لقد أثار هذا التقرير ضجة أكيدة والنقاشات لم تنته إلى اليوم. وكانت نتيجة التقرير تتركّز نوعاً ما حول «موت جماعي» للعالم في بدايات القرن الواحد والعشرين.

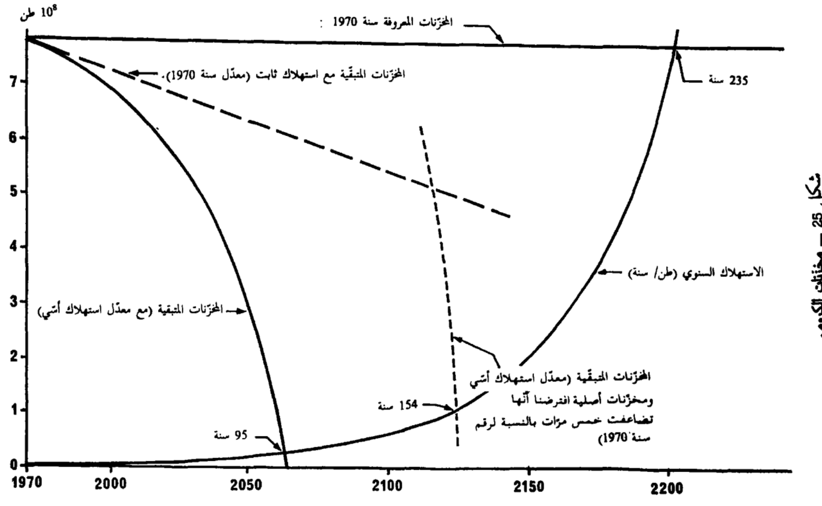
قام البحث على أساس الصفة الأسّية للنمو مأخوذاً بمجمله. «ما أن نتطرّأ إلى المشاكل المتعلّقة بالنشاطات البشرية، حتّى نجد أنفسنا بحضرة ظواهر ذات طبيعة أسّية». لقد اختار فريق عمل معهد M.I.T خمسة مقاييس أساسية تترجم نوعاً ما المحاور الكبيرة في تطوّر البشرية: السكّان، الإنتاج الغذائي، التصنيع، استعمال الموارد الطبيعية غير القابلة للتجديد والتلوّث.

I - في المجال الديموغرافي، أعيد في الواقع تناول مخطّط مالتوس Malthus. لقد



شكل 24 ــ الأراضي الصالحة للزراعة

(عن ميدوز Meadows، «Halte à la croissance»، باريس، 1972).



شكل 25 ــ مخزّنات الكروم.

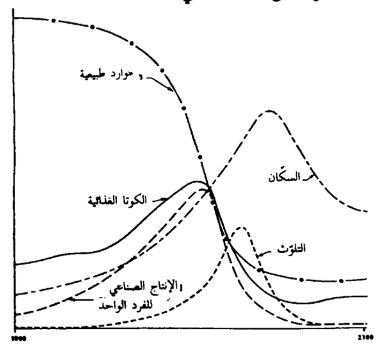
(عن ميدوز).

كان معدّل تزايد سكّان العالم في منتصف القرن السابع عشر 0,3%، أي أنّ فترة المضاعفة تبلغ 250 سنة. سنة 1970 كان هذا المعدّل 2,1%، أي مع فترة مضاعفة تبلغ 32 سنة، وعند هذا التاريخ الأخير كان عدد سكّان العالم يقدّر بِ 3,6 مليار نسمة. إذن نحو العام 2000 سيتجاوز عدد سكّان الكرة الأرضية، باستثناء حصول أي حادث، السبعة مليارات نسمة.

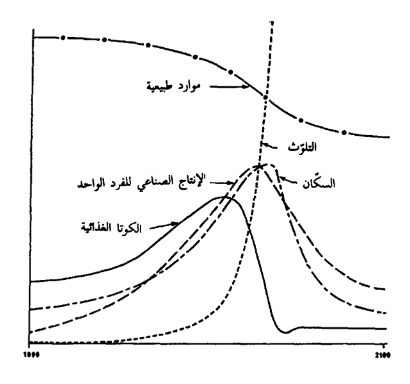
II - إذا أخذنا، إلى 50 سنة 1950 القاعدة 100 سنة 1963، نصل في مجال التصنيع إلى 30 في الفترة 1930-1940، إلى 70 سنة 1958 وإلى 140 سنة 1968، بينما يتزايد مؤشّر الإنتاج للفرد بشكل أبطأ. ويمكن للمقارنة بين المعدّلين، 7% للصناعة، 2% للسكّان أن تترك بعض الأمل: في الواقع، لا يتعلّق القسم الأكبر من النمو الاقتصادي سوى بالبلدان الأكثر صناعية.

III - كان متوسّط مساحة الأرض الصالحة للزراعة المخطّطة للفرد 0,4 هكتار سنة 1970، أي مساحة كلّية مزروعة تساوي 13 مليار هكتار. هذه الأرقام تظهر عدم كفاية واضحة. في الواقع يلزم 0,9 هكتار للفرد الواحد. إذن بالإمكان حساب المساحات الضرورية لعدد سكّان متزايد (شكل 24).

حتّى بداية القرن العشرين، كان الحدّ الأعلى النظري للمساحات القابلة للزراعة يبلغ 32 مليون كيلومتر مربّع. ويتناقص هذا الحدّ بفعل التمدين وكلّ الإنشاءات الصناعية. إذن قبل العام 2000 هناك تخوّف من القحط. الشيء نفسه بالنسبة لطلب الماء العذبة.



شكل 26 ــ إفتراض البقاء على النزعات الحالية. (عن ميدوز).



شكل 27

سلوك النموذج الكلي مع موارد طبيعية «غير محدودة» (قابلة للتجدد). (عن ميدوز)

IV ـ الموارد غير القابلة للتجديد، لا سيّما الموارد المعدنية، تُستنفد في حين الطلب عليها يتزايد. إذن لا بد من الوصول إلى النقص في هذا المجال أيضاً. قد تنعدم الفضّة، القصدير، اليورانيوم في العام 2000. أمّا مخزّنات الكروم المعروفة فتُقدَّر حالياً بـ 775 مليون طن، وبما أنّ الاستخراج الحالي يبلغ 1,85 مليون طن في السنة، يبقى إذن 420 سنة. لكن الاستهلاك السنوي للكروم يتزايد بما معدّله 26% في السنة، أي أنج استنفاد المخزّنات قد يحصل بعد 95 سنة (شكل 25). المعروف أنّه جرت حسابات مشابهة بالنسبة للبترول كما نقرأ دوماً أنّ مخزّنات الهيدروكربورات لا تتجاوز حالياً العشر سنوات حسب التقديرات الأكثر تفاؤلاً.

V ـ يبقى التلوّث، أسّي التزايد هو الآخر. فإنّ أنهدريد الكربون، الناتج عن الوقود المتحجّرة، الطاقة الحرارية والنفايات الإشعاعية التي لا تمثّل سوى ثلاثة من العناصر المخلّة التي يدخلها الإنسان في محيطه، تتزايد دون توقّف، وعلى إيقاع أسّي. الشيء نفسه بالنسبة للنفايات الصناعية، لمقاومات الطفيليات وللكثير من عناصر التلوّث الأخرى.

إنّنا نعيش في عالم محدود الإمكانيات. إذا جمعنا كلّ هذه العوامل في نموذج شامل، ندرك أنّ النمو يتوقّف قبل سنة 2100 (شكل 26). هكذا فالكارثة بالانتظار، وما يزيد

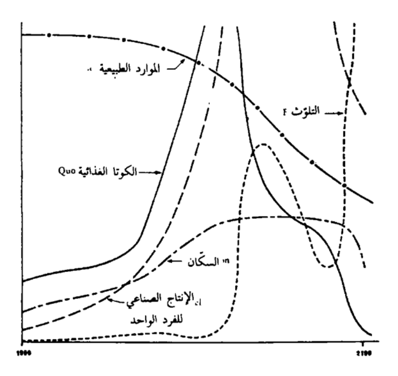
من هول المسألة هو أنّ التطوّر التقني يعجز عن المعالجة تماماً.

يعترف نادي روما أنّهُ لم يتمّ إدراج التكنولوجيا في النموذج كمتغيّرة مستقلّة. وهي متعدّدة الأشكال بمعنى أنّها قد تنبثق عن أحد القطاعات أو تؤثّر به. كلّ عنصر ينتج عن التكنولوجيا (أقراص منع الحمل، البذار عالية المردود، التلفزيون، مسطحات التنقيب في البحر) هو مقدّر للعب دور مميّز في أحد القطاعات وللقيام بتأثير محدّد على سلوك النظام.

في الحقيقة، يؤكّد خبراء معهد M.I.T، في جميع الميادين، على اقتناعهم أنّه لن يكون بإمكان التطوّر التكنولوجي أكثر من تأجيل الاستحقاق.

عند كلّ فرضية، موارد طاقة عملياً غير محدودة (شكل 27)، مراقبة التلوّث، تزايد المردود الزراعي وتحديد النسل، يردّ النموذج بنفس الصورة بالنسبة للاستحقاق، مع فارق عشر سنوات (شكل 28).

«إنّ السلوك الأساسي للبيئة الحيوية في العالم يتحدّد بنموّ أسّي لعدد السكّان والاستثمارات، يتبعه تدهور واضح». يقدّر مؤلّفو التقرير أنّهم «أظهروا أنه ضمن نموذجهم، لم يكن لمحاولات التكنولوجيا في حلّ مشاكل مثل نفاد الموارد، التلوّث أو النقص الغذائي أيّ تأثير على جوهر المشكلة: النمو بشكل أسّي في نظام معقّد ومغلق».



شكل 28 ـ سلوك النموذج عند إدخال أربعة حلول تكنولوجية، موارد طبيعية غير محدودة، مراقبة التلوث، إنتاج زراعي متزايد وضبط «تام» للنسل.

(عن ميدوز).

إذن يتطلّب التوصّل إلى حالة مستقّرة، حسب نموذج معهد M.I.T، إجراءات قاسية جدّاً. إنّ الحدّ من معدّل المواليد والاستثمارات المخصّصة لإنتاج السلع الاستهلاكية يبدو «ضدّ الطبيعة» و «قابل لتجاوز الإدراك» لأنّه، على مرّ التاريخ، لم يُجرَّب أبداً ولا حتّى نُظر فيه جدّياً.

«كلّ شيء يثبت لنا أنّه من الفرضيات الثلاث المحتملة: نموّ غير محدود، حدّ النمو بصورة متعمّدة والحدّ المفروض من المحيط الطبيعي، وحدهما الفرضيتان الأخيرتان مناسبتان». هكذا نصل، تدريجياً، إلى تحديد وضع متوازن، يتميّز بعدد سكّان وبرصيد إجمالي ثابتين، حيث القوى التي تنزع إلى زيادتهما أو إنقاصهما يتمّ توازنها بعناية.

«مع هذا، يُرحّب بالتطوّرات التقنية الضرورية في عالم متوازن». وبالطبع يجب أن تتمّ في ميادين محدّدة جدّاً وأن لا تتحقّق بصورة فوضوية، ممّا قد يؤدّي إلى تدمير التوازن. في الواقع، في قائمة الأمثلة التي قُدّمت لنا لا نجد سوى تطوّرات تقوم بالتصحيحات الضرورية من أجل الحفاظ على التوازن. لم نعد بصدد تطوّر تقني للنمو، بل تقويم للميول التي تبدو رديئة:

أ) طريقة جديدة في لمّ النفايات بهدف الحدّ من التلوّث وتسهيل إعادة معالجة الفضلات غير المستعملة.

ب) تقنيات معالجة ثانية أكثر فعالية بهدف تخفيض نسبة استهلاك المواد الأوّلية الأساسية.

ج) طريقة أفضل في وضع المنتوجات الصناعية تمنحها مدّة حياة أطول وتصليح أسهل، وهذا من أجل خفض معدّل هبوط الرصيد.

د) إعتماد الطاقة الشمسية وهي مصدر الطاقة الأقلّ تلويثاً بكثير.

هـ) وسائل للقضاء على الحشرات المضرّة على أساس فهم أفضل للمداخلات البيئوية.

و) تطوّر الطبّ من أجل خفض معدّل الوفيات.

ز) طرق مانعة للحمل فعّالة بغية تراصف معدّل الولادات مع معدّل الوفيات.

كما نرى، فإن هذا التطوّر التقني محدّد جدّاً وموجّه بكلّ دقّة.

إذن نرى الخوف من عام 2000 قد استقرّ في قلب العالم المتحضّر، وقد أبدى حياله البعض قلقاً حقيقياً. كما ردّد نائب الرئيس النيرلندي خلال مجلس بروكسيل: «لن يكون بإمكان مجتمع الغد التركّز حول النمو، أقلّه في المجال المادّي». ونذكر بمفهوم «السعادة

الوطنية الإجمالية» الذي طرحه تينبرغن Tinbergen، حيث كان يقترح أن نستبدل «الإنتاج الوطني الإجمالي» بفكرة «المنفعة الوطنية الإجمالية»، والهدف الأساسي هو الحفاظ على التوازن البيئوي وتأمين مصادر طاقة كافية للأجيال القادمة. إنّ هذه الصورة لكارثة نهائية، وقريبة، تعبّر لنا جيّداً عن موقف المتشائمين حيال التطوّر التقني. كان ينقصهم فقط صياغة ذات طابع علمي، فقدّمها لهم نادي روما ومعهد M.I.T.

الآمال

مقابل الشكوك والمخاوف يمكننا القول أنّ هناك بالضرورة الآمال المتعلّقة بالأشخاص الذين يجسّدونها. بين هذه الآمال هناك بالطبع الساذجة، البسيطة. إذ يوجد إعتقاد بتطوّر تقني غير محدود، إعتقاد ليس قديماً من جهة أخرى، مهما كان رأي جول فيرن Jules Verne، وفي تطوّر تقني يفضي إلى تطوّر بشري. إنّه الإيمان، نوع من الحقيقة المستوحاة لا تستند إلى أيّ عمل ملموس، تقريباً إلى أي عمل ملموس. إلى جانب هذا نلتقي بمواقف أمتن: لقد قلنا أنّ التوقّع التكنو وجي كان قد أخذ إنطلاقة أكيدة وأنّ هذه التطلّعية التقنية اتّسمت بمظاهر حقّ ومنطقة. ربّما لم يُنظر بعد في المسألة بالحجم المطلوب وقد أدّى تقرير نادي روما الشهير، رغم جزئيته هو أيضاً، إلى بعض الأفكار الشافية.

إلاّ أنّه يتعيّن أن نرفع بعض الاشتباهات، التي سبق أن اصطدمنا بها. ويتعلّق أهمّها بمفهوم التطوّر التقني نفسه. إنّ إختراعاً ملموساً، غير قابل للإستعمال، غير مفيد حتّى، أو قليل المردود، اختراعاً خطراً ببعض نواحيه (التلوث مثلاً)، ولكن حقيقي لأنّه يحمل شيئاً إيجابياً إلى عملية تقنية معيّنة، هل يشكّل تطوّراً تقنياً؟ أجل على أساس حلقة من سلسلة اكتشافات تفضي إلى تطوّر تقني حقيقي، وكلاّ إن كان الأمر غير هذا.

هناك أمثلة حديثة، دار حولها نقاش كثير، تظهر حدود التطوّر التقني بحدّ ذاته. لا شكّ في أنّه يمكن اعتبار طائرة «الكونكورد» نجاحاً تقنياً: فقد قدّم هذا الجهاز للملاحة الجوّية التجارية فائدة لا يمكن إنكارها بالنسبة للسرعة. إنّ ربح الوقت من باريس إلى نيويورك بلغ حوالي ثلاث ساعات ونصف. ماذا يمثّل هذا الربح؟ بالنسبة لرجل الأعمال، يسمح له بزيادة أوقات مواعيده: أي أنّه يتّجه نحو حياة على إيقاع متسارع أكثر. هل هذا أمر جيّد؟ أمّا بالنسبة للموفد في بعثة دراسات أو بحث، وبالنسبة للسائح فلا يمثّل ربح الوقت هذا أيّ شيء لأنّه يتلاشى مع إقامة طويلة نوعاً ما. لقد كان الانتقال من 5 أيام إلى 8 ساعات ثميناً فعلاً؛ هل الأمر كذلك مع ربح 3 ساعات ونصف؟ كذلك يتعيّن أن نحسب بالضبط كلفة هذه الحسنة الهامشية. في الواقع لا يمكن تتجير الجهاز إلاّ إذا ألغينا قسماً من نفقات

الدراسة والتقويم الباهظة وإذا اعتمدنا إيجارات مملكة مع ضمانة حكومية. من جهة أخرى في كلّ مكان تقريباً يتمّ إلغاء خطوط السكّة الحديدية نظراً لقلّة مردودها. إنّ موت سكّة الحديد البطيء، وسنعود إليه لاحقاً، أصبح أمراً عامّاً وقد بلغ في الولايات المتّحدة أبعاداً كبيرة. يشير معارضو إجراءات الإلغاء هذه إلى مفهوم مصلحة الجمهور التي يجب تأمينها «بأي ثمن». السلطات المسؤولة أجابت بمفهوم «مصلحة الجمهور» نفسه، مشيرة إلى أنّه ليس على الكيان الوطني ككّل أن يتحمّل أعباء حسنة باهظة الثمن، تعود بالفائدة على مجموعة محدودة، حيث لا يجب فهم مصلحة الجمهور إلاّ كمصلحة عامّة. رغم الشبه الحاصل بينهما فالحالتان متناقضتان تماماً: في الواقع، في الحالة الأولى هناك تطوّر تقني، وفي الثانية نقص في التطوّر التقني لا يسمح بتأمين مستمرّ لمردودية إحدى وسائل النقل (قد يتدخّل أيضاً في هذه الحالة الأخيرة مفعول تعديل ديموغرافي معيّن، تعديل في المواصلات يتعلّق بتوزيعات نشاطات اقتصادية متغيّرة). ولكن في ما يتعلّق بالمصلحة العامة ـ أو بالمنفعة العامّة، كما يقول سيكّو مانشولت Sicco Mansholt ـ فإنّ الحالتين تتشابهان تماماً لأنّنا في كلاهما نجد أنفسنا بصدد مجموعات محدودة. إلاّ إذا كنّا نعتبر التجلية والجاذبية والمجد كعناصر للمنفعة العامّة.

تقودنا هذه التحديدات إلى التمييز، لدى أنصار الأمل، بين موقفين يختلفان جذرياً. أحياناً لا يحث التقني خارج إطار تطوّر تقني سنصفه بالضيّق. ضمن خط تكنولوجي لم يصل إلى درجة التشبّع، من الممكن توقّع تحقيق أجهزة في المستقبل، وبهذه الطريقة نوجّه البحث في بعض القطاعات وقد أصبح العلم والتقنية اليوم على مستوى يجعل من هذه التطوّرات التقنية حقيقة. هكذا كان الأمر بالنسبة للأقمار الصناعية الأولى التي تقدّمت حتّى الوصول إلى القمر. من جهة أخرى هناك الأشخاص الذين يظهرون آمالهم، ولكن بشكل أوسع، أكثر عقلانية، عائدين إلى مركّبات أخرى غير المركّبة التقنية. عن هؤلاء الأشخاص نودّ الكلام بصورة خاصّة، دون أن ننسى توقّعات الأوائل.

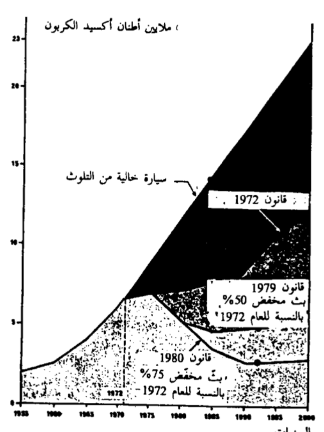
إن أوّل سبب يدفع للأمل هو دون شكّ التوصّل إلى حذف الشكوك والمخاوف. ويجب أن نأخذ الأمر على محمل الجدّ: أن نتخلّص من المخاوف والقلق بواسطة جمل كلامية بسيطة ليس موقفاً مسؤولاً. لقد كتب قارىء إحدى الصحف اليومية الكبيرة أنّه «بواسطة تعميمات خطرة وإحصائيات مختلفة، نرى رجال الاقتصاد والتقنيين، مجوس عصرنا، يتنبؤون لنا بجميع الويلات: لقد قرأنا تخريفات معهد M.I.T الحديثة، وسمعنا السيد مانشولت يردّدها لنا على التلفزيون».

أكثر أهميّة كانت الانتقادات التي توجّهت نحو الطريقة نفسها التي اعتمدها باحثو

معهد M.I.T. لقد تناول النقاش أوّلاً التحليل الإحصائي (وقد ذُكرت حالة العوامل المتدخّلة بالنسبة لمعدّل الوفيّات وطريقة تكميمها). هناك أيضاً التباس بين مفهوم التزامن ومفهوم السببية. «إذن هل تكون نسبة الولادات دالّة فقط تبعاً للدخل، للتصنيع ولعلم الصحّة؟» إنّ النقطة الأساسية في عملية النقد هي حتماً إختيار المتغيّرات، فبعضها قد لا يكون أخذ بعين الاعتبار منذ بعض السنوات، مثل التلوّث (شكل 29)، ومن المنطقي أن نفكّر بأنّه في غضون سنوات قليلة أخرى سيتوجّب أخذ متغيّرات أخرى بعين الإعتبار.

لقد أدّت طريقة تحديد الكمّيات الحالية إلى رؤية أوالية، وجبرية محض لمستقبل العالم. إن لم يكن بالإمكان توقّع ولادة الأيديولوجيات، المواقف الجديدة، أو بالأحرى تكميمها اليوم، فهل يجب استبعادها؟ لا شكّ في أنّ هذه المواقف وهذه الأيديولوجيات ستظهر في النموذج بشكل حلقات جديدة، حلقات أساسية حتماً، أي ضمن رؤية مختلفة للمستقبل.

ندرك بالطبع أنّ النموذج جزئي وليس كلّياً كما أريد تصويره. إنّ نموذجاً كلّياً، أو يزعم بأنّه كذلك، يهمل مستويات أخرى من القرار، وتباينات موضعية في عدد معيّن من الميادين. إنّه أيضاً نموذج غير قادر على التكييفات، إن على الصعيد التقني أو أيّ صعيد



شكل 29 ـ مخطّط متفائل لإلغاء التلوث الناتج عن السيارات.

آخر. إنّ صفة إنتهاء العالم تمثّل بالطبع إحدى المعطيات، لكن التاريخ المقدّر يبقى في كلّ الأحوال مجرّد فرضية. أكبر درس ممكن تعلّمه من محاولة معهد M.I.T. هذه قد يكون بالضبط أنّ التطوّر التقني، مأخوذاً بالإجمال، لم يُقدّر حتماً بقيمته الحقيقية.

انتقادات أخرى وُجّهت على صعيد مادّي أكثر. هكذا كان بالنسبة لجواب رئيس المجمّع الأوروبي على رسالة نائبه؛ وحكم ر. بار R. Barre على تقرير M.I.T هو حكم قاس.في ما يتعلّق بالتلوّث لم يثق ر. بار ببعض التعميمات.

إذا استطعنا أن نخصّص في المستقبل 5 أو 10% من التزايد السنوي للإنتاج الوطني الإجمالي من أجل الحدّ من درجة التلوث، لا يُستبعد أن نتوصّل ليس إلى وقف عملية تخريب البيئة وحسب، بل أيضاً للحصول في هذا المجال على تحسينات أساسية ولا شكّ.

وهنا يمكن للتطوّر التقني أن يلعب دوراً مهمّاً. والشيء نفسه بالنسبة للمواد الأوّلية الطبيعية.

وضع راكسات سريعة تسمح، مع المواد الأوّلية المعروفة حالياً، أن تلبّي نفس الحاجات، حاجات 10 مليارات منّ الناس الذين يبلغ استهلاكهم ضعف الاستهلاك الموجود حالياً في الولايات المتّحدة، خلال مليون من السنين.

بالطبع ليس شبح الازدياد السكّاني بأمر جديد. إلاّ أنّ المشكلة الحقيقية تكمن أكثر في طريقة توزيع الناس بين مناطق العالم. ولكن تبقى مشاكل بالنسبة للمناطق المكتظّة بالسكّان والفقيرة نسبياً: هذا هو بشكل خاص حال قسم من القارة الآسيوية. إذن إذا تمّ التحكّم في العلاقات بين الإنسان وبيئته من الضروري أن نستطيع ذلك بالنسبة للعلاقات الاجتماعية بين البشر. «عند هذا المستوى كانت مخاطر الانفجار بسبب سوء التصرّف السياسي أو سوء الإدارة الاجتماعية هي الأكثر حدّة». وقد ركّز رئيس المجمّع الأوروبي على نواحي التزايد الاجتماعية: تأمين العمل، ضمانة مستوى حياة لائق، توزيع ملائم للمداخيل، هي أمور تقلّل من الرغبة بحدّ التزايد في أوروبا. ولكن يجب أيضاً تجنّب دفع الانتشار في الواقع.

من الصعب طرح مشاكل مجتمعاتنا وحلّها بالكلام عن معدّل التزايد. فمن الأفضل تكييف نوع التزايد المحدّد بنية الطلب وشروط الإنتاج مع تلبية الأهداف المختلفة والمتنافسة غالباً التي تسعى نحوها مجتمعاتنا.

تعديل في المجتمع، تحويل المؤسّسات، وأخيراً رفع أسعار المواد الأوّلية بشكل يزيد من موارد البلدان النامية (بشرط حسن استعمال هذه الموارد الجديدة).

في الواقع، وقد اشار عدد من الشخصيات البارزة إلى الأمر، التزايد الأسّي، الذي كان

قوام عرض خبراء معهد M.I.T، ليس مثبتاً بالمطلق. وقد كتب ب. أوري P. Uri.

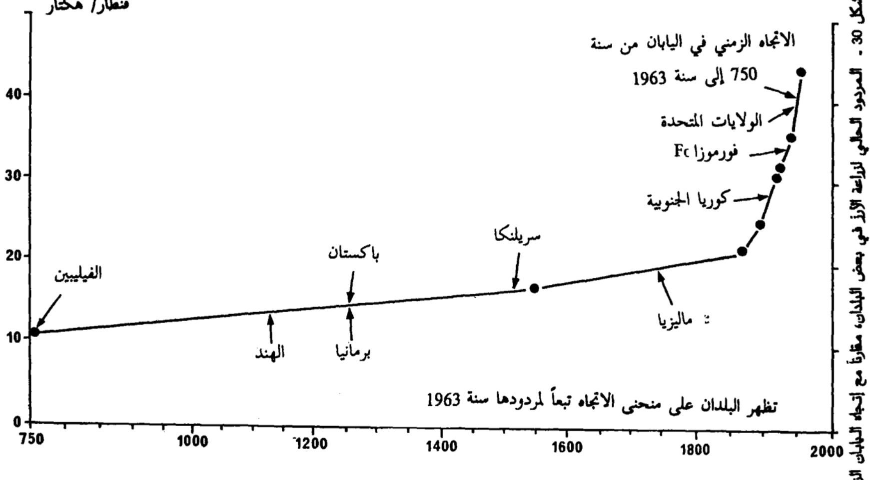
هل يُسمح لنا أن نفكرّ على مدى بعيد، لمئة سنة مثلاً، دون أن ندخل في الحسابات انقطاعات لا يمكن التكهّن بها اليوم؟ أشكال أخرى للطاقة قوية ووفيرة بشكل يسمح باستعمال أفقر المعادن مثل ألومين الصلصال وتيتان البحر؛ مواد بلاستيكية جديدة تحلّ مكان المعادن النادرة؛ وأكثر من هذا، ألا يمكن تصورّ الكيمياء تخترع جيلاً جديداً من مبيدات الطفيليات لا تقع عرضة للشكوك التي من أجلها نضحّي بمادةّ الد.د.ت D.D.T، بعد أن أنقذت 500 مليون إنسان؟

واضح أنّه بالإمكان إيقاف التزايد السكّاني الفائض نوعاً ما برفع مستوى الحياة والثقافة في البلدان الفقيرة، وباللجوء، كما طرح ر. بار، إلى طرق توزيع أفضل لكلّ مقدّرات العالم.

في الواقع عبّر المتفائلون عن آرائهم في جدول العام 2000 الذي رفضه معهد هادسون Hudson الذي يديره هيرمان كان Hermann Kahn، وذلك عام 1968. لا شكّ في أنّ فريق العمل هذا قد انتبه جيّداً إلى بعض مخاطر الاحتدام التقني وكتب بعض السيناريوهات المتشائمة، لا سيّما بشأن صراع عالمي، ولكنّه كان يطيل الشرح حول الصور المتفائلة.

يتركّز تقرير كان ـ واينر Kahn - Wiener حول الثلث الأخير من القرن العشرين. بالإجمال يتعيّن أن نصل، نحو العام 2000، إلى التحكّم بالتكنولوجيا الحديثة وإلى معدل مرتفع في إجمالي الناتج الوطني لكلّ فرد. ويمكننا أن نأخذ على هذا التقرير كونه لم يأخذ بعين الاعتبار بعض المقاييس التي أدرجها تقرير معهد M.I.T، إلاّ أنه يلمح إليها في بعض المواقع. هكذا مثلاً، في المجال الديموغرافي، يقدّر كان وواينر أنّه بعد خمس عشرة سنة «سيكون ضبط الولادات على وشك أن يصبح ظاهرة عامّة تتمّ عبر وسائل أكثر تفوّقاً من الوسائل المعتمدة حالياً». ونعرف كم بدت المسألة الديموغرافية مقلقة بالنسبة لخبراء M.I.T: ما أن كانوا يدرجون ما أسموه «ضبطاً كاملاً للولادات» حتّى تأخذ المنحنيات الأخرى منحى مختلفاً تماماً. وبالطبع يرفض معهد هادسون البطالة التكنولوجية برمّتها. «في مستقبل قريب سيساهم التألّي وعلم التوجيه في زيادة الإنتاجية ونموّ الاقتصاد وقد يخلقان فرص على قدر ما يلغيان منها».

يقدّر المتفائلون الأمريكيون أنّه ينبغي إتقان التكنولوجيا ويضعون لوائح مذهلة بالاختراعات المحتملة. كما يحلّلون، بشكل أدقّ، ستّة ميادين تكنولوجية ستشهد تطوّرات واضحة: الطاقة الذرّية، الحرب الاستراتيجية، الإلكترونيك (الحاسبات، معالجة المعلومات والتألّي)، أشعّة اللايزر، التخطيط والتأثير البيولوجي المباشر على الإنسان. وهم يحاولون في



شكل 30 ـ المردود الحالي لزراعة الأرز في بعض البلدان، مقارناً مع إتجاه اليابان الزمني.
(عن هـ. كان وأ. ج. واينر ، 2000 2'An، فيرفييه، 1972)

كلّ مرّة أن يدحضوا نزعات معهد M.I.T. فالتزايد ليس بالضرورة أسّياً ومستوى حياة الأفراد يجب أن يبلغ أوجه، كما هو الحال ربّما في الولايات المتّحدة. وبالمقابل يُظهر لنا منحنى مردود الأرزّ (شكل 30) أنّ هـؤلاء الخبراء يعطون الزراعة إمكانيات أكثر ممّا نسبه إليها معهد M.I.T. من جهة أخرى قد تسمح لنا زيادة الأسعار باستعمال موارد لم تُستعمل اقتصاديات اليوم.

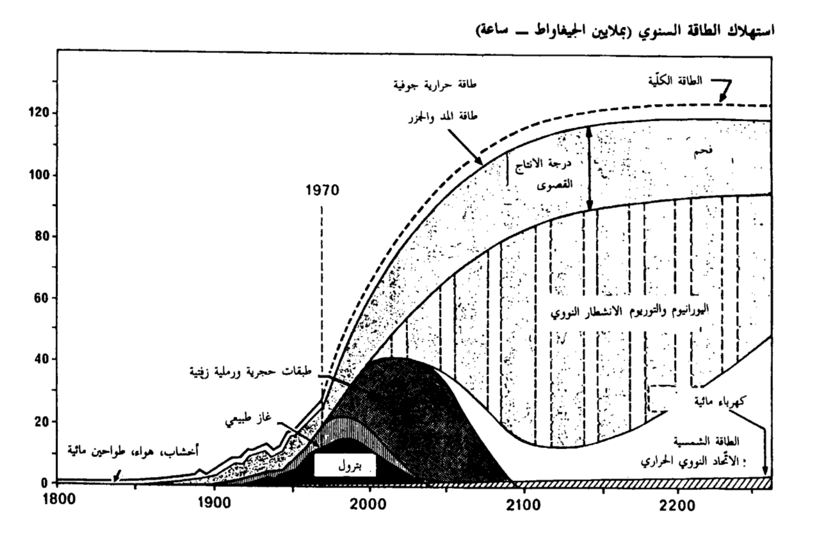
وتقول فكرة معهد هادسون أنّ هذه التطوّرات ستؤدّي بالضرورة إلى ولادة مجتمع بعد صناعي.

إمكانيات النمو الاقتصادي والطريق التي التزمنا بها، الوسائل التي لدينا من أجل مراقبة بيئتنا الداخلية والخارجية ونتيجتها المنهجية أي التجديد التكنولوجي، وتطبيق ونشر هذه الإمكانيات، جميعها أمور تتزايد على ما يبدو دون حدود يمكن التكهّن بها. هل سيكون بإمكان ثقافتنا ومؤسّساتنا أن تتكيّف مع تغيّر بهذا الحجم الكبير وخلال فترة بهذا القصر؟ هنا يكمن السؤال.

لقد سبق لكينز Keynes أن كتب في الموضوع، بالطبع هناك أشخاص كثيرون لم يقصّروا عن انتقاد بعض افتراضات معهد M.I.T. هكذا مثلاً بالنسبة للتلوّث، الذي يجب التعرّف أكثر إلى مفعوله ولكن أيضاً الذي يعتبر الكثيرون، داعمين حججهم بالأرقام، أنّ بالإمكان إيقافه. أمّا في ما يتعلّق بالموارد التي لا يمكن استبدالها فالمسألة تختلف بعض الشيء. فحتّى وإن كانت التطوّرات تظهر كلّ يوم ـ ويُحكى عن مخزّنات بترول تتزايد مرّتين أسرع من الاستهلاك ـ، وحتّى وإن كان بإمكان التكنولوجيا إذن أن تؤثّر على مقدّراتها الخاصّة، لا يمكن إنكار الإتجاه نحو النقص، حتّى آجال متفاوتة، في عدد معيّن من القطاعات الأساسية. يمكننا أيضاً أن نشير إلى تقنيات إعادة التصنيع، وعمليات الإستعادة التي قد تترك للبشرية وقتاً أطول بكثير قبل الكارثة النهائية التي توقّعها خبراء M.I.T. بعد البترول، سيكون هناك الطاقة الذرّية، والطاقة الشمسية، ونعرف حجم الأبحاث التي تجري حول هذه الأخيرة حالياً (شكل 31). بعبارة أخرى، قد ينتهي العالم ضمن نظام تقني معيّن؛ قد لا ينتهي، أو قد لا ينتهي كلّياً ضمن نظام تقني آخر. هنا يكمن مصدر التفاؤل.

بالطبع هناك قطاعات مشبعة لم يعد بالإمكان أن نشهد فيها أيّ اختراع كبير الأهميّة ولكنّها قادرة، مع التطوّر، على تحسين نفسها. لنأخذ مثلين في مجال المواصلات.

خلال أحد معارض السيارات كان جميع الأخصّائيين موافقين ليس فقط على عدم وجود أي تجديد يذكر بل أيضاً على عدم إمكانية هذا الوجود، إذا استثنينا المكبس الرحوي الذي ألمحنا إليه أعلاه. كلّ شيء كان يُلخّص نوعاً ما في التجهيزات الداخلية وفي سلسلة من الملحقات المفيدة وغير المفيدة. يبدو لنا بوضوح أنّ التكنولوجيا الأساسية في السيارات



شكل 31 - رؤية متفائلة لإنتاج الطاقة.
(كلّ جيغاواط ــ ساعة هو عبارة عن 1 مليون ك. و. س).

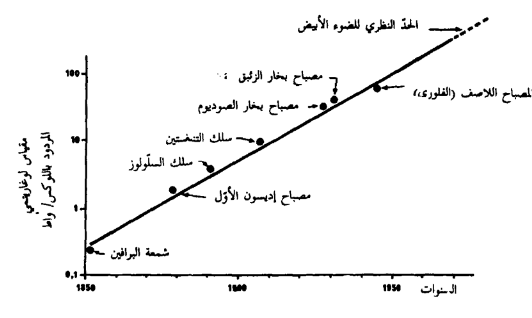
قد أُشبعت اليوم، وأصبح التطوّر يتناول الهوامش: هياكل من مواد بلاستيكية، أشكال، ملحقات (أكسسوار) أو بعض الإتقانات. لا يمكن للتقدّم أن يأتي إلا عن طريق تقنيات مجاورة، لا سيّما أنّ التقنيات المؤلّفة ـ وخاصّة شبكة الطرقات أو الطوبوغرافيا المدينية ـ لم تعد كما سبق أن أشرنا بالمستوى المطلوب.

لقد كان بالإمكان التفكير بنفس الطريقة بالنسبة لتقنية بلغت المجد في القرن التاسع عشر، هي سكّة الحديد. إلاّ أنّ ترك البخار من أجل الجرّ الكهربائي والديزل، وغداً من أجل التربينات الغازية، حمل بعض العناصر الجديدة. وقد أمكنت الإشارة إلى عدم تكييف النهيضات القديمة، لا سيّما السكّة نفسها، ولكن يبدو أنّه في هذا المجال ليس من الصعب إجراء التكييفات. أي أنّه بعبارة واحدة لم تقل بعد سكّة الحديد كلمتها الأخيرة، خاصّة إذا اعتبرنا أنّ النشاطات الاقتصادية والبشرية تميل إلى التركّز. إنّ تنظيم القطارات وضبطها، أمانها ـ حالياً هي وسيلة النقل الأقلّ خطورة ـ، سعتها الكبيرة، تعرفاتها التي قد تصل إلى حدّ منافسة الطائرة، كلّ هذا عبارة عن مزايا أكيدة. سكّة الحديد تدخل في المدن في حين نعرف كلّ الصعوبات التي تواجه إقامة المطارات المحلّية. وقد وصلنا من جهة أخرى في هذا المجال إلى توحيد في النمط شبه كامل. بحكم هذه الخصائص، وأيضاً بحكم التطوّر العام في توزيع النشاطات، بإمكان قطار العام 2000 أن يحتفظ بأهميّته. ويتعيّن عليه بالضرورة أن يركّز نشاطه على بعض القطاعات: نقل بالجملة، روابط ما بين المدن في المساحات الكبيرة، نقليات إلى الضواحي تكون إمتداداً للمواصلات المدينية، نقل البضائع بكمّيات كبيرة. الوجه الآخر، وقد أشرنا إلى البدء به بالنسبة للمسافة فلورنسا ـ روما، وباريس ـ ليون، هو ضرورة بناء شبكة قابلة للاستعمال مع سرعة 300 كلم/ساعة. فعدد المحطّات التي لا تستعمل القطار السريع (الأكسبرس) سينقص النصف وسيتعيّن إذن وصل شبكة الطرقات مع الشبكة الحديدية كما تتّصل مع الأوتوسترادات. أمّا الخطوط القديمة، التي أُشبعت منذ الآن، فسنستخدمها لنقل البضائع. مع الساعتين، وربّما أقلّ، اللتين نضعهما من أجل الانتقال من باريس إلى ليون، ومع قطار كلّ ثلاث عشرة دقيقة، فإنّ هذه الوسيلة لن تتوصّل إلى منافسة السيارة، كما كانت تفعل في ما مضى، وحسب بل أيضاً إلى منافسة الطائرة. من جهة أخرى يمكننا بسهولة أن نحسب حدود هذه المنافسة، إلاّ أنّنا نشير إلى أنّ كلفة إقامة المطارات الحديثة هي أيضاً مرتفعة وأنّ هذه المطارات ستُشبع بسرعة وكلّ طائرة تنقل عدداً من الأشخاص أقلّ بكثير ممّا ينقله القطار.

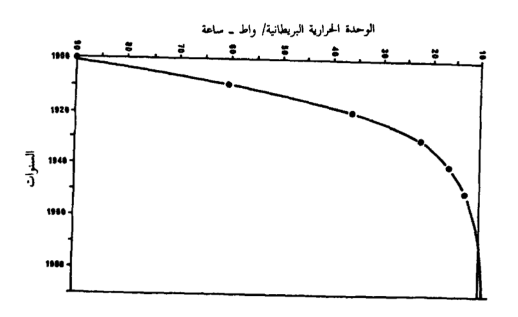
نعرف أنّه في مجال المواصلات المدينية تتابع الأبحاث المهمّة للوصول إلى خطوط للآليات الأوتوماتيكية، ولكن ما نزال اليوم، باستثناء بعض المحاولات المحدودة،

شكل 32 ـ تطوّر تقنيات الإضاءة

(عن ج. م. تراي J. M. Treille، «Progrès technique et stratégie industrielle»، باريس، 1972).



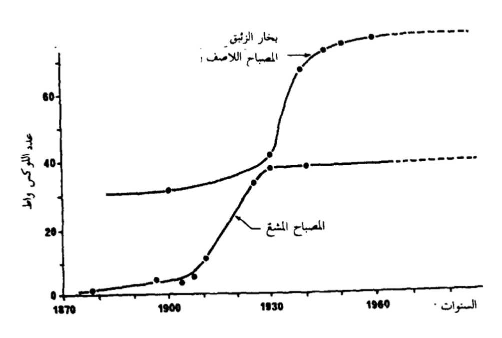
شكل 33 ـ مردود المفاعلات الكهربائية الحرارية.



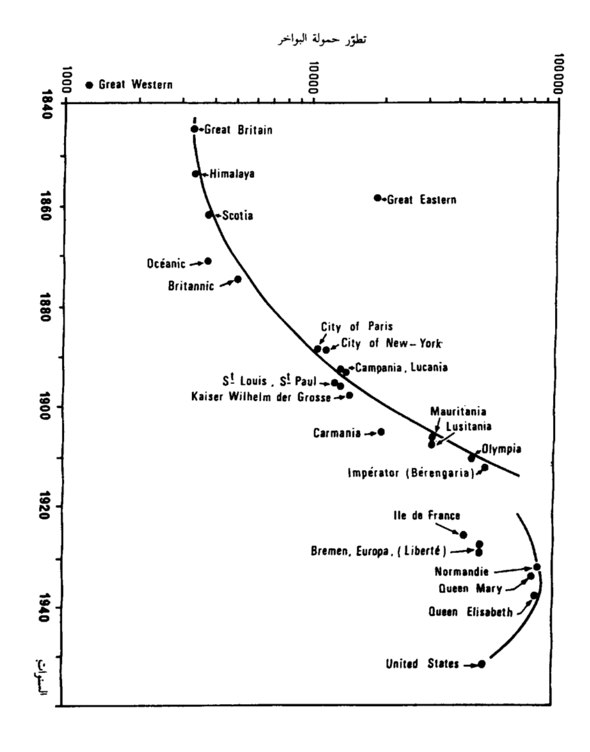
في طور وضع المشاريع. هكذا مثلاً بالنسبة للنظام أوربا Urba أو النقل المبرمج أراميس دو ماترا Aramis de Matra، إذا أردنا ذكر المثلين اللذين قدّما للعامّة. في الواقع في هذا المجال يرتبط الحلّ ارتباطاً وثيقاً بالتغيّرات المدينية واستمرارية المراكز القديمة؛ وحده الربط بين مجالي البحث يسمح بالوصول إلى حلول مقبولة. هنا يتعيّن على مفهوم النظام التقني أن يلعب دوره على أكمل وجه؛ كذلك الأمر بالنسبة للحافلة الهوائية ضمن مجموعة من الإتّصالات متوسّطة المسافة، وحتّى قصيرة المسافة (لا سيّما بالنسبة للمطارات والمدن التابعة).

هناك قطاعات يمكن التكهّن فيها بالتشبّع، ولنأخذ حالتين مختلفتين. تعطينا حالة الضوء الأبيض فكرة واضحة، فقد كان التطوّر ثابتاً منذ أوّل مصباح وضعه إديسون Edison إلى المصابيح اللاصفة (الفلورية) اليوم. وبالنسبة لكلّ التقنيات التي استعملت تباعاً لدينا منحنى على شكل S. تتطابق هذه المنحنيات وتؤدّي إلى منحنى غلاف اختصرناه وصوّرناه هنا بخطّ مستقيم (شكل 32). من الواضح أنّه لن يمكنه تجاوز الحدّ النظري للضوء الأبيض.

المنحنى الثاني هو منحنى مردود المفاعلات الكهربائية الحرارية (شكل 33). وهو يُظهر نقطة وصول نحو العام 2000 لن يكون بالإمكان تجاوزها، ولكن قد يحصل هنا عملية إستبدال للتقنية القديمة بأخرى جديدة (شكل 34).



شكل 34 ـ منحنى المواد الجديدة وتطور تقنيات الإضاءة. التطور على مدى السنين. (عن ج. م. تراي).



شكل 35 ـ (عن ر. أيريس R.U. Ayres، «Prévisions technologiques»، باريس، 1972).

بالطبع يمكن دوماً إفتراض حلّ بديل لتقنية مشبعة معيّنة، هكذا مثلاً بالنسبة لتقنيات المواصلات، ولنعد من أجل هذا إلى مخطّطين بيانيّين كاشفين. يتعلّق أوّلهما بحمولة البواخر الكبيرة (شكل 35)، وفيه نرى المنحنى في تصاعد مستمرّ، ولكن بشكل أسّي مخفّف حتّى مشارف الحرب العالمية الأولى. بعد ذلك نراه ينكسر ويبقى في تصاعد حتّى عشية الحرب العالمية الثانية. وأخيراً نراه ينزع إلى التناقص إلى حين تختفي الباخرة كبيرة الحمولة تماماً، وهذه هي تقريباً الحالة اليوم، وما ستكون عليه تماماً غداً. إنّ تطوّر وتدرّج الآلات من حيث القوّة، وتخفيفات الوزن عبر استعمال المواد المختلفة كانت قد سمحت بهذا التطوّر في الحمولة، ولكن سرعان ما بدا أنّ هذه الشروط التقنية ليست الأساسية: إذ أنّ تزايداً ملحوظاً في عناصر الطاقم، وفي تكاليف التشغيل لم يسمح للباخرة أن تقاوم، منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، منافسة الطائرة لها.

المنحنى الثاني مكمّل للأوّل. إنّه منحنى السرعة الشهير، والذي يغطّي من جهة أخرى استعمالات متنوّعة ومختلفة، لأنّنا ننتقل عبره من المواصلات إلى الصواريخ (شكل 36). تعطينا الصورة سلسلة من المنحنيات. مع هذه المجموعة يمكننا أن نرسم ما يُسمّى بالمنحنى الغلاف الذي يعبّر عن ميل الظاهرة. هل من المنطقي أن نعمّم تبعاً له؟ البعض قام بذلك مقدِّراً أنّه من الممكن دوماً في ما بعد إستبدال تقنية مُشبَعة بتقنية جديدة، لأنّ الحال كان هكذا منذ قرون. عندئذ يتعلّق هذا الأمر بقدرة المخترعين على الإبتكار وأيضاً بمطابقة التقنيات المجاورة: لنا عودة إلى الموضوع.

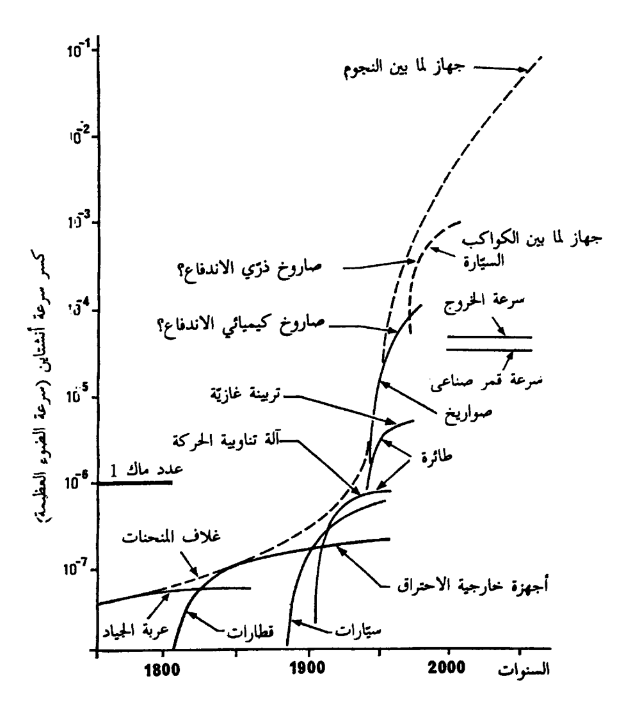
من ضمن التقنيات الحديثة، هناك ما يمكن التوقّع له بتطوّرات مدهشة. هكذا مثلاً بالنسبة للكمبيوتر، وعلينا أن نتّبع، في الاستقبالية، طريقين يتّصلان ببعضهما. في الواقع يمكننا بادىء الأمر النظر إلى الكمبيوتر بحدّ ذاته، لا سيّما من إحدى نواحيه الأساسية، وهي سعة الذاكرة. يمكننا كذلك النظر إلى إمكانيات تطوّر المعلوماتية على المدى البعيد، هذه الإمكانيات التي ترتبط طبعاً بإتقان الآلات. لننطلق من مقدّرات المعلوماتية التي وضعت فيها الدراسات العديدة. في الشكل 37 نرى مخطّطاً بيانياً يُظهر لنا القطاعات التي ستدخل إليها المعلوماتية تدريجياً، وهو مخطّط وضع حسب طريقة دلفي Delphi التي سنتعرّف إليها في ما بعد. إذن ستكون مجالات تطبيق الكمبيوتر أو الحاسب الألكتروني هي التالية:

أ) تنظيم حركة المرور في التجمّعات السكنية الكبيرة.

ب) انتشار التعليم المدعوم بالكمبيوتر في المدارس.

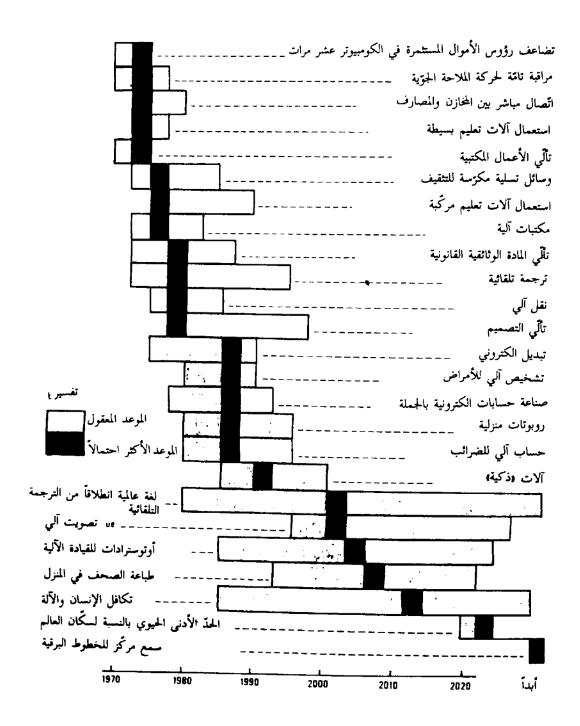
ج) قيادة الطائرات المدنية بواسطة الكمبيوتر.

د) تشخيص الأمراض.

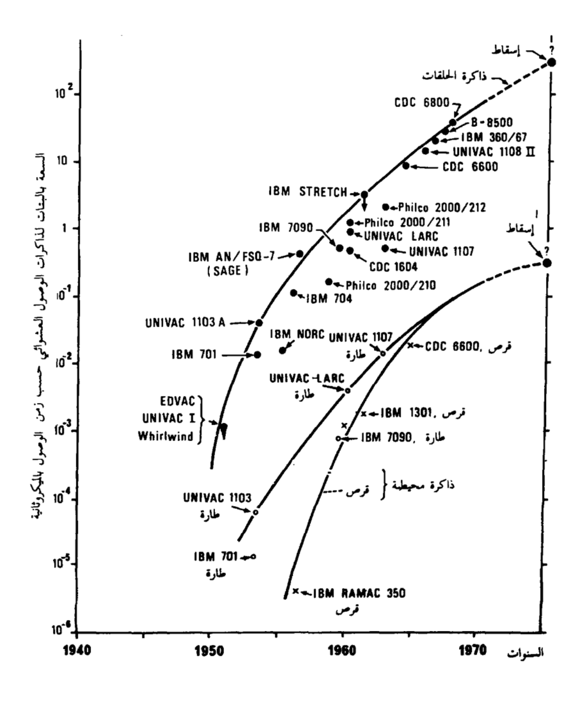


جهاز لما بين النجوم
جهاز لما بين الكواكب
السيّارة
صاروخ ذرّي الاندفاع؟
صاروخ كيميائي الاندفاع؟
سرعة الخروج
سرعة قمر صناعى
تربينة غازيّة
صواريخ
آلة تناوبية الحركة
طائرة
عدد ماك 1
غلاف المنحنات
أجهزة خارجية الاحتراق
عربة الجياد
قطارات
سيّارات
كسر سرعة أنشتاين (سرعة الضوء العظيمة)
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}
1800
1900
2000
السنوات

شكل 36 ـ



شكل 37 ـ بعض التواريخ المميزة لتطبيقات التآلية في المستقبل.
(عن راند كوربوريشن Rand Corporation).



شكل 38 ـ سعة ذاكرات البلوغ العشوائي مرصوفة حسب وقت البلوغ بالميكرو ثانية.
(عن ر. أيريس R.U. Ayres)

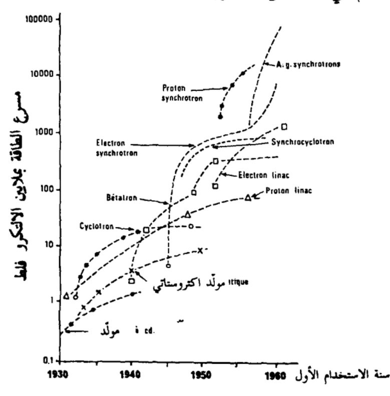
و) إختفاء المكتبات بحكم وجود مادّة وثائقية يسهل الحصول عليها في المنزل.

ز) تعميم السيّارات دون سائق.

ح) الكمبيوتر كأداة متداولة في مجال الهاتف وأجهزة التلفزة.

كما نرى فالإمكانيات واسعة ولم نقدّم هنا سوى عيّنة بسيطة.

إنّ تطلّعات كهذه تفترض أوّلاً إمكانية برمجة المسألة، وبعدها تزايداً ملموساً في سعة ذاكرات الحاسبات، وهو أمر أصعب للإيجاد من إمكانيات الحساب. يتناول الشكل 38 سعة ذاكرات البلوغ العشوائي مرصوفة تبعاً لوقت الوصول، وبخلاف المنحنيات ـ الغلاف التي رأيناها نرى هنا منحنى مسطّحاً. إنّ هذا التدرّج يعود إلى «تغيّرات عديدة جذرية في التكنولوجيا التحتية». لقد كان الحاسب الأوّل عبارة عن جهاز كهربائي ميكانيكي يفتقر إلى إمكانية وضع برنامج في الذاكرة، أمّا الحاسبات التي ظهرت في ما بعد فكانت تستعمل صفوف الزئبق كذاكرة كبيرة السرعة ودارات الأنابيب الفارغة كدارات منطقية. وبين الحاسبات الأخيرة كان البعض يستعمل أجهزة خزن ذاكرة ألكتروستاتية (أنابيب بأشعّة كاتودية) سرعان ما استبدلت بنويات المركّب الحديدي المغنطيسي. نحو منتصف الخمسينات ملأت الترنزستورات معظم الوظائف المنطقية. ولسوف يتعيّن أيضاً العبور إلى طور جديد لم يُقدّم في المقاييس المصوّرة.



شكل 39 ـ معدل نمو الطاقة المتوفرة في مسرعات الجزئيات.

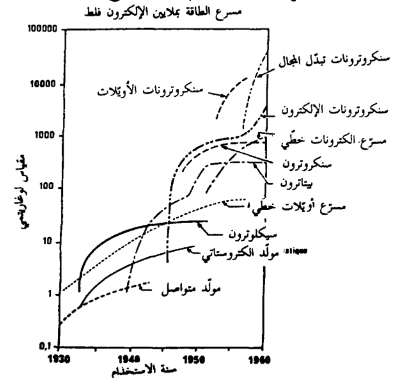
(عن ر. ابريس)

بالمقابل فإنّ معدّلات نموّ الطاقة المتوفّرة في مسرّعات الجزئيات تعطينا منحنى ـ غلاف من نفس النوع الذي شاهدناه مع السرعات (شكل 39 و 40).

من الواضح أنّه لا يجب المبالغة في استعمال المنحنيات ـ الأغلفة، إذ أنّها تُرسم نوعاً ما ضمن هذه الأنظمة المغلقة التي لا تأخذ بعين الإعتبار أيّ متغيّرة خارجية، متغيّرات قد يكون لها أعمق الأثر. نحن هنا بصدد تعميم عشوائي.

من صناعة إلى صناعة، ومن تقنية إلى تقنية كان يبدو أنّه بالإمكان القيام بتكهّن تكنولوجي أكثر شمولية. هذا الموضوع هو أقدم مما يُعتقد بشكل عام؛ لقد بدأ عصر التكهّن التكنولوجي الحديث في منتصف الثلاثينات، عندما قام مجلس الأبحاث الوطني National Research Council بتأسيس مجمّع الموارد الوطني National Resources Committee، في عهد رئيسه و. ف. أوغبرن W.F. Ogburn أستاذ علم الاجتماع في جامعة شيكاغو. وتم نشر تقريره حول النزعات التكنولوجية، تحت عنوان «Technological Trends and National Policy»، سنة 1937.

في فترة تغيّر كبير، يبدو استباق ما سيحتمل حدوثه ضرورة بالنسبة للمسؤولين الذين يديرون البلاد. وتظهر دراسة الاختراعات الظروف الاجتماعية القادمة ومشاكل الأمة المقبلة. في الواقع من بين العوامل الأربعة المهمّة التي تحدّد رفاه الأمم، أي الاختراع، السكّان، الموارد الطبيعية والتنظيم



شكل 40 ـ التغير والإستمرارية مدة تزايد طاقة مسرعات الجزئيات.

عن ج. م. نراي J. M. Treille

الإقتصادي، العامل الأوّل هو الذي يتغيّر تكراراً في العالم الحديث، والذي يكون غالباً إذن سبباً للتغيير.

هنا نلتقي مجدّداً بالإهتمامات الرئيسية للتقارير التي ذكرناها، تقرير معهد هادسون وتقرير معهد إم. آي. تي M.I.T الذي لم يأخذ التطوّر التقني بعين الاعتبار إلاّ من بعض الجوانب. في الواقع لم يعرف تقرير أوغبرن التكهّن لا بالطاقة الذرّية، ولا الرادار، ولا المضادات الحيوية والدافع النفّاث، رغم أنّ الأبحاث حول هذه الأمور كانت قد بدأت نحو نهاية العشرينات.

حتّى دون تخطيط شامل، كما هو الحال في الولايات المتّحدة، كان من الضروري تنظيم تكهّن تكنولوجي على المدى البعيد أو القريب. هكذا كان بالنسبة للجيش، ثمّ بالنسبة لبعض الجامعات، والكثير من جهة أخرى لصالح الجيش. وأخيراً اهتمّت الصناعة الخاصة بالموضوع، لا سيّما في القطاعات الناشطة، حيث التقنيات كانت تتطوّر بأسرع ما يمكن: هكذا كان بالنسبة لمؤسّسة لوكهيد إير كرافت Lockheed Aircraft، أو مؤسّسة جنرال إلكتريك General Electric مع مختبرها تمبو Tempo.

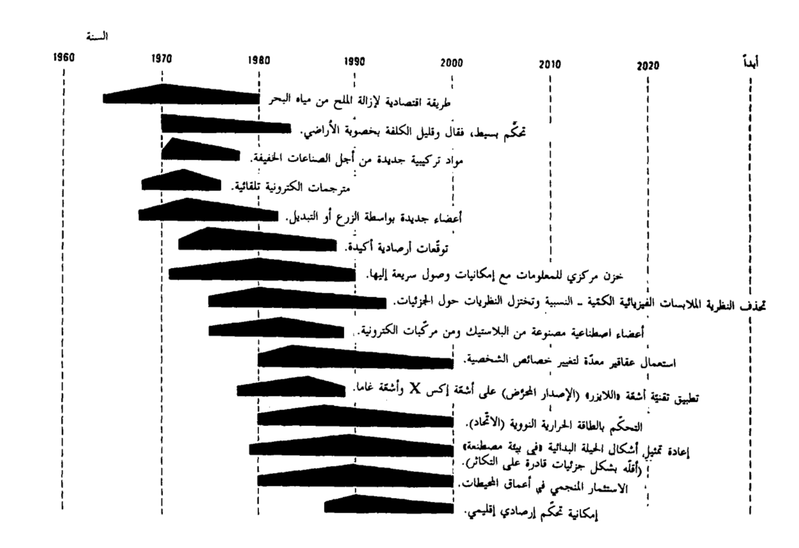
شيئاً فشيئاً أخذت المنظّمات الدولية تكتشف الطريق: منظّمة التعاون والإنماء الاقتصادي O.C.D.E، العناصر المكوّنة للمجمّع الأوروبي الاقتصادي C.E.E، إلخ. البلدان الأوروبية، وقد اهتمّت أساساً بالتكهّن وبالتخطيط الاقتصادي، تطرّأت متأخّرة قليلاً إلى التكهّن التكنولوجي، عندما بدا لها الأمر ضرورياً وإلزامياً بحكم حدود مصادر التمويل التي كانت تجبر على الاختيارات، عدا عن الجدال القائم دوماً بين البحث النظري والبحث التطبيقي، وقد كتب مؤلّفو التصميم الفرنسي السادس:

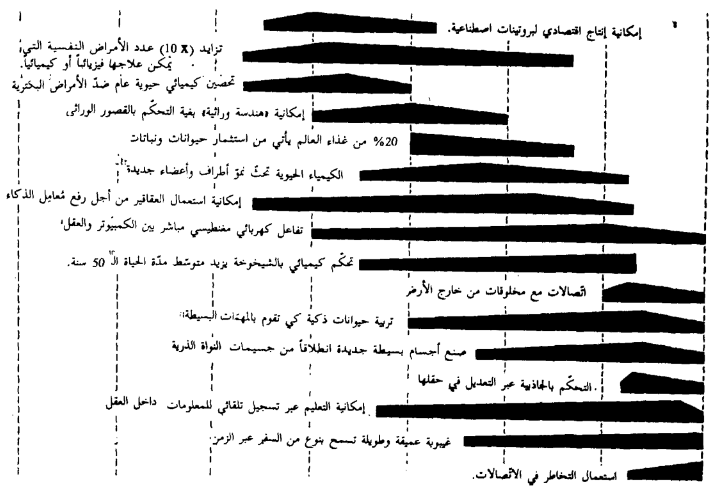
نظراً لكون البحث يحمل، بطبيعته نفسها، مجازفة أساسية، فإنّ مسألة تنظيم العلم بالنسبة لحكومة معيّنة ستقوم على تقدير أفضل لمدى وحجم هذه المجازفة وعلى تحمّل مسؤوليتها بوعي بغية الوصول إلى أهداف ثقافية، اجتماعية، اقتصادية أو عسكرية محدّدة جيّداً.

أو أيضاً:

إنّ أوّل ردّة فعل لدى أمّة تريد الإحتفاظ بالحسنات والفوائد حول نقاط تعتبرها أساسية لاستقلالها هي محاولة فهم العلاقات بين البحث والإقتصاد، وتحديد المقاييس التي تجعل من بعض الأعمال العلمية سبباً للتطوّر أكثر من غيرها.

لم يشر هنا إلى الإلزامات كما ينبغي. في الواقع لا وجود للتخطيط دون التكهّن التكنولوجي، ولكنّ هذا الأخير يستلزم إجراء بعض الاختيارات، تنعكس بوضوح حتّى حدود البحث البحث، بحكم الإمكانيات المالية، المادّية والبشرية المحدودة.


السنة
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
أبداً
طريقة اقتصادية لإزالة الملح من مياه البحر
تحكّم بسيط، فعّال وقليل الكلفة بخصوبة الأراضي.
مواد تركيبية جديدة من أجل الصناعات الخفيفة.
مترجمات الكترونية تلقائية.
أعضاء جديدة بواسطة الزرع أو التبديل.
توقّعات أرصادية أكيدة.
خزن مركزي للمعلومات مع إمكانيات وصول سريعة إليها.
تحذف النظرية الملابسات الفيزيائية الكمّية ـ النسبية وتختزل النظريات حول الجزئيات.
أعضاء اصطناعية مصنوعة من البلاستيك ومن مركّبات الكترونية.
استعمال عقاقير معدّة لتغيير خصائص الشخصية.
تطبيق تقنية أشعة «اللايزر» (الإصدار المحرّض) على أشعة إكس X وأشعة غاما.
التحكّم بالطاقة الحرارية النووية (الاتّحاد).
إعادة تمثيل أشكال الحياة البدائية «في بيئة مصطنعة»
(أقلّه بشكل جزئيات قادرة على التكاثر).
الاستثمار المنجمي في أعماق المحيطات.
إمكانية تحكّم إرصادي إقليمي.



إمكانية إنتاج اقتصادي لبروتينات اصطناعية.
تزايد (X 10) عدد الأمراض النفسية التي يمكن علاجها فيزيائياً أو كيميائياً.
تحصين كيميائي حيوية عام ضدّ الأمراض البكترية
إمكانية «هندسة وراثية» بغية التحكّم بالقصور الوراثي
20% من غذاء العالم يأتي من استثمار حيوانات ونباتات
الكيمياء الحيوية تحثّ نموّ أطراف وأعضاء جديدة
إمكانية استعمال العقاقير من أجل رفع مُعامِل الذكاء
تفاعل كهربائي مغنطيسي مباشر بين الكمبيوتر والعقل
تحكّم كيميائي بالشيخوخة يزيد متوسّط مدّة الحياة الى 50 سنة.
اتّصالات مع مخلوقات من خارج الأرض
تربية حيوانات ذكية كي تقوم بالمهمّات البسيطة
صنع أجسام بسيطة جديدة انطلاقاً من جسيمات النواة الذرية
التحكّم بالجاذبية عبر التعديل في حقلها.
إمكانية التعليم عبر تسجيل تلقائي للمعلومات داخل العقل
غيبوبة عميقة وطويلة تسمح بنوع من السفر عبر الزمن.
استعمال التخاطر في الاتّصالات.

شكل 41

مذ ذاك نجد الممكن والمرجو يسمحان بتمييز طريقتين في التكهّن، تكمّل إحداهما الأخرى. يتلقّى التكهّن المستكشف معلوماته من التقنية والعلم الحاليين اللذين تسمح خطوطهما الموجّهة بالتوقّع قدر الإمكان، على مدى بعيد أو قريب، حلولاً ممكنة لمشاكل تقنية أو علمية ندركها ونعيها. أمّا التكهّن المعياري فيدين بمعلوماته إلى الحاجات والنزعة التي تتّسم بها ويبحث عن طريق تلبيتها. إنه عبارة عن أخذ المشكلة بطريقة مختلفة، وأفضل ما يكون هو التوصّل إلى المقاربة بين طريقتي البحث. اليوم وأكثر من أيّ وقت مضى نرى التجديد التقني يقوم على مفاهيم معيارية دقيقة وتكهّنات تكنولوجية تتضمّن مركّباً معيارياً بنسبة مرتفعة.

في مجال التكهّن المستكشف اعتمدنا، كما رأينا أكثر من مرّة، تقنية المنحنى الغلاف، والتعميم أو الاستكمال، منطلقين من معطيات تقنية سابقة. لقد لاحظ أحد المؤلّفين أنّ معدّلات تزايد عدد معيّن من متغيّرات الإنجاز ستصبح مقاربة ظاهرياً للاّ نهاية قبل العام 2000. هكذا مثلاً بالنسبة لسرعة العربات. إذن من جهة ليس هناك تعميم للمنحنى الأسّي ومن جهة أخرى للطريقة حدودها من حيث أنّنا نقارن في الواقع تقنيات يختلف بعضها عن بعض.

عندما نكون بصدد تقنية محدّدة بوضوح، رأينا أنّنا نحصل على منحنى مقارب للاّ نهاية: هكذا كان الحال مع المفاعلات الحرارية الكهربائية. ولكن قد نحصل كذلك على منحنيات على شكل الأقواس القوطية. منذ سنة 1913، كان س. غيلفيلان S.C. Gilfillan يقوم بالتكهّن المذكور آنفاً بالنسبة لحجم البواخر.

أمّا إستكمال السلاسل الزمنية (ونشير إلى أنّنا لا نستكمل بالنسبة لمدّة أطول من مدّة مشاهدة الظواهر) فقد كان موضوع محاولات صياغة نماذج تحليلية بسيطة: هكذا كان الأمر منذ سنة 1907 بالنسبة لهنري أدامس Henry Adams، ثم بالنسبة لنماذج إنسنسون Insenson، هارتمان Hartman، هولتون Holton، وباتنام Putnam. كذلك جرى إستكمال السلاسل الزمنية على أساس ظاهراتي: تزايد خطّي مع تشبّع، منحنيات على شكل S، منحنيات أسّية.

كذلك تمّ تطوير طرق التكهّن التكنولوجي المعياري، وليست الغاية هنا أن نعرض هذه الطرق ولو بشكل موجز، من الطريقة المصفوفية إلى طريقة الشبكات، من أساليب الإدارة إلى نظرية الألعاب. لقد بحثنا عن المخطّطات البيانية الملائمة، مثل طريقة باترن Pattern، وهي الأكثر تقدّماً في الوقت الراهن.

أمّا أهمّ وأكبر نتائج قُدِّمت فهي المنبثقة عن طريقة دلفي Delphi، من مؤسّسة راند كوربوريشن Rand Corporation، التي كانت بدورها وليدة دائرة التكهّن في سلاح الطيران الأمريكي. ويتعلّق الأمر بالفعل بتكهّن تكنولوجي معياري. هذه الطريقة تسمح باختيار أهداف اجتماعية أو أخرى، عالية المستوى وبدون أي تحيّز، بمساعدة سيناريوهات أو نماذج عمليّاتية في المجال الاجتماعي، العسكري، السياسي والاقتصادي، وبالطبع التقني. بنظرنا نرى أنّها عبارة عن دراسة جماعية تتضمّن لكلّ مسألة تقنيين وغير تقنيين. وتحاول هذه المجموعات، تجاه المسألة المطروحة، أن ترسم الحدود الزمنية التي يمكن الحصول ضمنها على الجواب: سنة 1965 نُشرت دراسة بإدارة ت. ج. غوردن T.J.Gordon وأولاف هيلمر Olaf Helmer، حول التطوّر المتوقّع للعلوم والتقنيات في الثلث الباقي من القرن. في الواقع كانت الأبحاث مقتصرة على بعض المنافذ العلمية والتقنية الممكنة في مستقبل معيّن. في الصورة التي ننشرها هنا (شكل 41)، يمثّل طول كلّ قضيب متوسّط الفروق بين تقديرات الخبراء. في كلّ حالة، أعطى ربع الخبراء مواعيد سابقة لبداية القضيب، وربع آخر مواعيد لاحقة له. وفي ثماني حالات، أسفل المخطّط، أجاب بعض الخبراء بعبارة «أبداً»، بينما قدّم آخرون تواريخ محدّدة.

إنّ نتيجة هذه الدراسة، التي ندرك حدودها تماماً، أخذت أهمّيتها ثماني سنوات بعد نشرها وبعد أن حصلت بعض توقّعاتها على فرصتها في التحقّق. وخارج نطاق الصورة، التبسيطية بعض الشيء، والتي قدّمتها إحدى الصحف الفرنسية من أجل لفت إنتباه العامّة إلى علم لم يكن يعي إليه الكثيرون، من الممكن وضع بعض الجداول الملحقة بهذه التكهّنات. يمثّل التاريخ الوارد بالخطّ الأسود رأي معظم الخبراء، وإن لم يكن هناك تاريخ ثالث فهذا يعني أنّه برأي نسبة مئوية كبيرة من الشخصيات المستشارة، لا يمكن الإعتقاد بتحقّق الحدث في مستقبل يمكن التكهّن به تقريباً. ولكن لا يجب أن يلتبس علينا الأمر، فهو لا يتعلق سوى بمجرّد تعداد للتطوّرات الممكنة، والحقيقية ضمن حدود زمنية معيّنة. ومهما بدت لنا هذه الطريقة بدائية فهي تهدف، عبر إطار أريد له أن يكون علمياً، إلى كشف رغبات بعض التقنيين. بعبارة أخرى، نجد أنفسنا بحضرة نوع من مسودّة للتطوّر المقبل للنظام التقني الذي يتمّ، بصعوبة أكبر حقّاً، تحت ناظرينا.

إليكم كيف كان خبراء الراند كوربوريشن ينظرون، منذ سنوات عديدة، إلى المستقبل في أربعة ميادين مختلفة:

المنافذ العلمية والتقنية

«طريقة اقتصادية» لإزالة الملح من ماء البحر	1964	1970	1980
وسائل لمنع الحمل فمّية.		1970	1980
ترجمات تلقائية.	1970	1971	1978
توقّع أكيد لحالة الطقس.	1972	1975	1988
استعمال الوحدات المركزية للحساب الألكتروني.	1971	1980	1988
مراجعة النظريات الفيزيائية، لا سيّما في ما يتعلق بالجزئيات النموذجية.	1975	1980	1992
إستعمال البدائل الاصطناعية.	1975	1982	1988
منتجات كيميائية لتغيير الشخصية.	1980	1983	2000
لايزر بأشعّة إكس وأشعّة غاما.	1978	1985	1989
التحكّم بالإتحاد النووي الحراري.	1980	1986	2000
استثمار المناجم في أعماق البحار.	1980	1989	2000
التحكّم بالطقس (بكلفة مقبولة).	1987	1990	2000
استعمال البروتينات الإصطناعية في الغذاء.	1985	1990	2020
مؤثّرات كيميائية حيوية ضدّ البكتيريا والفيروس.	1983	1994	2000
مؤثّرات كيميائية لحذف النواقص الوراثية.	1997	2000	2010
استثمار اقتصادي للمحيطات (20% من الإنتاج الغذائي العالمي).		2000	2018
مؤثّرات كيميائية من أجل حثّ نموّ الأطراف.	1985	2006	
منتجات كيميائية من أجل زيادة الذكاء.	1984	2012	
التكافل بين الإنسان والآلة الألكترونية.	1990	2020	
تحكّم كيميائي بالشيخوخة.	1995	2025	
تأنيس الحيوانات (حوتيات).		2020	
إتّصال مع مخلوقات من خارج الأرض.		2000	
التحكّم بالجاذبية.		2020	
إيعاز مباشر للمعلومات في العقل.	1998		
السبات لمدّة طويلة.	2006		
إستعمال التخاطر.		أبداً	

غزو الفضاء

استعمال الأقمار الصناعية في توقّع حالة الطقس.		1967	1970
مراقبة الأقمار الصناعية بواسطة آليات غير مأهولة.		1967	1970
طيران سوفياتي حول القمر.		1967	1970
وضع نظام عالمي للمواصلات المسافية.		1967	1970
طيراني أمريكي حول القمر.		1967	1970
هبوط آلية مأهولة على سطح القمر.		1970	1974
إستعمال اللايزر في الإتّصالات الفضائية.	1968	1970	1975
مراقبة الأقمار الصناعية بواسطة آليات مأهولة.		1970	1974
محطّة فلكية من 10 اشخاص		1970	1975
صاروخ يمكن إعادة استعماله.		1970	1975
صواريخ نووية الاندفاع.		1970	1975
صواريخ إيونية الاندفاع.		1972	1975
قاعدة مؤقّتة على سطح القمر.			1975
طيران مأهول نحو المرّيخ والزهرة.	1975	1978	1979
القيام بتجارب فيزيائية في الفضاء.	1973	1981	1995
قواعد قمرية دائمة.			1982
التحكّم بالطقس.	1978	1982	2002
الهبوط على سطح المريخ.	1980	1985	1990
إطلاق آليات خارج النظام الشمسي.	1978	1986	1993
صناعة عتاد على القمر.	1980	1990	
إقامة محطّات دائمة على الكواكب المجاورة.		1990	2013
نقل مشترك في الصواريخ.	1985	2000	
الهبوط على سطح المشتري.	1993	2020	
طيران حول كوكب بلوتونت.	2016	2023	
طيران على عدّة أجيال خارج النظام الشمسي.		2050	
حركة مرور منتظمة مع القمر.		2050	
نظام دفع ضدّ الجاذبية.		2050	
الهبوط على سطح الزهرة.	2050	2300	

أسطول قصف فضائي حول الأرض.	1990
قوى عسكرية على القمر.	1999
أسطول قصف فضائي حول الشمس.	2100
تحصين ضدّ الإشعاعات.	أبداً

تطوّر التألية

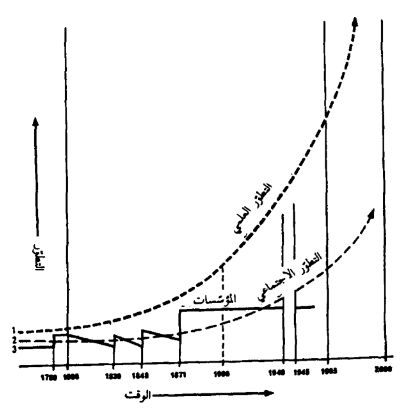
مضاعفة رؤوس الأموال المستثمرة في الحاسبات. الألكترونية 10 مرات.	1970	1973	1976
تحكّم تامّ بحركة الملاحة الجوّية.	1970	1974	1977
إتّصالات مباشرة بين المخازن والمصارف.	1972	1975	1980
إستعمال آلات التعليم.	1971	1974	1977
تألّي العمل العائلي.		1970	1975
التعلم كهواية.	1972	1975	1985
تعميم استعمال آلات التعليم.		1975	1990
المكتبة الأوتوماتيكية.	1971	1976	1982
ترجمة تلقائية سريعة.	1973	1979	1985
استعمال الأجهزة في القرار التلقائي.	1977	1979	1995
بدائل الكترونية (رادار للمكفوفين).	1976	1985	1990
تشخيص آلي للأعراض المرضية.	1980	1985	1990
استعمال الروبوتات في المنزل.	1980	1988	1995
وضع لغة جديدة انطلاقاً من الترجمة التلقائية.	1980	2000	
التصويت الآلي.	1996	2000	
أوتوسترادات للقيادة الآلية.	1985	2002	
طباعة الجريدة في المنزل.	1992	2005	

الأسلحة المقبلة

القنبلة النووية الحربية.	1964	1965	1967
أسلحة تقنع دون أن تقتل (غاز).		1968	1970
أجهزة مصغّرة لمراقبة التسلّح.		1968	1970
«عجز» كيميائي.	1965	1970	1975
أشعّة لايزر للرادارات والإتّصالات.	1968	1970	1975
«عجز» بيولوجي.	1968	1970	1976
صاروخ للتسلّح الشخصي.	1966	1970	1980
عناصر بيولوجية مميتة.	1966	1970	1980
محطّات بحث فلكية.	1970	1972	1974
تقنيات متقدّمة في الدعاية.	1970	1972	1980
زيادة الذكاء باستعمال الحسابات.	1970	1972	1985
إمكانية تدمير الغوّاصات الموجودة.	1970	1975	1976
طائرات بمدى عمل كبير.	1972	1975	1979
مؤثّرات كيميائية حيوية تدّمر إرادة المقاومة.	1970	1975	1980
إستعمال وسائل حربية أوتوماتيكية.	1973	1975	1980
صواريخ مضادّة للصواريخ المطلقة نحو الأرض.	1975	1976	1982
غوّاصات إلى العمق لا يمكن كشفها.	1975	1980	1981
أسلحة تركيز الطاقة (لايزر).	1973	1980	1989
تنظيم دفاع مدني شامل.	1975	1980	1990
إستعمال الطقس لأهداف عسكرية.	1980	1990	2000
صواريخ مضادّة للصواريخ المطلقة من الطائرات.	1984	1990	
دفاع ضدّ الآليات بواسطة أسلحة طاقة مركّزة.	1989	1995	2000
وضع القنابل على فلك معيّن.	1973	1992	
إستعمال الدلفينات للإستكشاف عن الغوّاصات.		1980	
تأثير منوّم على قوى الأعداء.		2035	
قراءة الأفكار.		2035	

لقد رأينا لتونا الجداول التي قدّمتها الراند كوربوريشن في مجالات المنافذ العلمية والتقنية، غزو الفضاء، التآلية والفنّ العسكري. لا شكّ في أن القارىء بقي مدهوشاً من نتيجة الدراسة بعض الشيء، لكن الأمر لا يتعلّق بدراسة منهجية، ولكن بعدد معيّن من التحقيقات التي أجريت في ميادين مهمّة بشكل خاص ستسيطر إلى حدّ ما في عالم الغد. هناك بعض الأمور تدعو للابتسام: التحكّم بالجاذبية أو الإتّصال مع سكّان خارج الأرض. كما أنّ وجود قراءة الأفكار مع التقنيات العسكرية قد يكون أمراً مقلقاً: ولكن من لم يفكّر به في الواقع؟

ماذا يمكن أن نستنتج من كلّ هذا: إنّ تقرير هادسون حول العام 2000 «l'An 2000»، وجداول الراند كوربوريشن، وكلّ الأعمال التي صدرت حول الحضارة منذ ثلاثين أو أربعين سنة تتميّز بخصائص مشتركة، وإن كانت تختلف في العمق من حيث طرقها ومن حيث نتائجها. هناك أوّلاً ضرورة التكهّن الشامل، الذي يحتلّ فيه التكهّن التكنولوجي موقعاً مهمّاً، لا بل الموقع الأساسي. وتظهر لنا أوّلية التقنية هذه في كلّ هذه النصوص بشكل متفاوت الوضوح، ولكن دوماً موجود، حتّى وإن كان معهد هادسون قد دفع ببحثه وبتحليله في مجالات أخرى. لا شيء أكثر طبيعية، ضمن هذه الشروط، من التركيز على «التقنيات الناشطة» المتجسّدة نوعاً ما بالتقنيات الألكترونية والنووية، المعتبرة، خطأً أو صواباً، القطبين



شكل 42 ـ بتوقف المنحنى 3نحو العام 1950، إذ أنه يلزم تراجع معين من أجل الحكم على قيمة المؤسسات

الكبيرين في التطوّر التقني. وانطلاقاً من النظام التقني الجديد كلياً، الذي لا يمت بأي صلة إلى النظام التقني الذي ظهر في النصف الثاني من القرن التاسع عشر وامتدّ تطوّره حتّى عشية الحرب العالمية الثانية، يجدر أن يتمّ تنظيم الأنظمة الأخرى، النظام الاقتصادي، النظام الاجتماعي، إلخ.

المخطّط الذي نعرضه (شكل 42) هو فقط لإعطاء فكرة معيّنة، وندرك بسهولة أنّه لا يتضمّن أي صياغة رياضية، إلاّ أنّه يتميّز بكونه يظهر لنا ما استطعنا مشاهدته، وما يمكن التكهّن به، إلاّ إذا ظهرت تصحيحات معيّنة. إنّ منحنى التطوّر العلمي يشمل التطوّر التقني، المنبثق عن علم تطبيقي؛ وهو منحنى أسّي مخفّف. أمّا منحنى التطوّر الاجتماعي فيبدو مع تزايد أضعف بكثير، رغم نزعته إلى الارتفاع في القسم المستقبلي. ونلحظ بالنسبة للمؤسّسات عدداً من التراجعات، فعلى مدى التطوّر التقني وتمكّنه بوسعنا أن نُظهر أن المؤسّسات تُستهلك. هناك إذن، وعلى فسحات غير منتظمة من الوقت، عمليّات إعادة تكيّف ضرورية. أمّا تمثيل العلاقة بين المؤسّسات والتطوّر العلمي بواسطة خطّ أفقي مستقيم بين السنتين 1871 و 1945 فيبدو أمراً مبالغاً فيه ولا شكّ.

كذلك ليس من المستبعد أن يقدّم هذا المخطّط البياني، خلال العقود القادمة، توافقية أفضل بين مختلف العناصر التي تؤلّفه. يتوقّف هذا الأمر على مدى القدرة على التصوّر في المستقبل.

في نهاية هذين التحليلين، السريعين والمتجزّئين بالضرورة، للمخاوف وللآمال، قد يبقى القارىء في حيرة من أمره. هذه الحيرة التي عبّر عنها جيّداً التقني جيلياني Giuliani في جريدة «الموند» سنة 1972. منذ سنة 1967 وهو تاريخ نشر تقرير معهد هادسون، لا بل منذ سنة 1965 أي منذ تاريخ نشر جدول الراند كوربوريشن قيلت كلّ الآراء مع وضدّ. وقد قامت الانشقاقات في الآراء من جهة أخرى تبعاً لمقاييس مدهشة أحياناً. انقسم الشيوعيون والاشتراكيون في حين كان أرباب العمل وبعض علماء الاقتصاد على وفاق تام. إنّ مؤلّفي تقرير «العام 2000» كما مؤلّفي تقرير معهد إم. آي. تي M.I.T ينتمون إلى نفس الطبقة الاجتماعية، نفس البلد، نفس الجامعات، يستعملون نفس الحاسبات الألكترونية، يستقون نفس المعلومات، يعتمدون نفس الأداة النظرية، ينتمون بالإجمال إلى نفس الأيديولوجيا، عندئذٍ يمكننا أن نتساءل عن معنى هذا التناقض الأساسي. لقد كتب السيّد جيلياني:

إننّا نعيش في عالم يخضع لثلاث مراتب مختلفة من المنطق. هناك المنطق العقلاني للتطوّر العلمي والتقني؛ هناك منطق الحاجات الذي يبتعد عن الأوّل من حيث عدم عقلانية الرغبات، ولكن

ولكن يقترب منه من حيث عدم قدرة الخيال على تصوّر شيء يختلف عمّا تقدّمه له التقنية؛ وهناك أخيراً منطق القرارت والخيارات التي يوحي بها كلّ من إرادة القوة وإرادة السعادة. إنّ التطوّرات القادمة التي سيكون على إنسان الثلث الأخير من القرن مواجهتها ستتعلّق بالأوليات المستقلة للمنطق الأوّل كما بردود الفعل الغامضة للمنطق الثاني والآثار الواضحة زوراً للمنطق الثالث، دون التمكّن من استبيان ترتيب الغلبة.

إمّا أن يتمكّن المجتمع الصناعي، كما يعتقد هـ. كان H. Kahn، من الاحتفاظ بأهداف النمو الماديّ الأسّي نوعاً ما، وللاقتراب منها عليه أن يكمل ثورة تقنية لا مثيل لها، أن يضاعف من عدد الاختراعات وأن يقلب الطرق والتقاليد؛ إمّا أن لا تتمكّن هذه الثورة من الحدوث والاكتفاء وعندئذٍ يتعينّ تغيير الأهداف كما يقول معهد M.I.T وسيكّو مانشولت Sicco Mansholt، ممّا يؤدّي إلى نوع آخر من الثورة. من يعرف أي ثورة ستكون الأكثر تجديداً؟ أي وجه ستعطي كلّ منها للرأسمالية أو للاشتراكية؟

بأيّ حال، يجب طرح المسألة على الصعيد الأوسع وقد أدرك مؤلّفو «العام 2000» هذا الأمر أكثر من باحثي معهد M.I.T. فالقيام بالتكهّن التكنولوجي ليس كلّ شيء كما يجدر أن نعرف مع أي نوع من العالم سيتوافق هذا التكهّن، وبالتالي ما هي المحاولات التي يجدر إجراؤها في عدد كبير من الميادين. ولكن أليست ميزة الإنسان أن يبدأ من النهاية: الرغبة بالسيطرة على المادّة هي أقوى بكثير من الرغبة بالسيطرة على النفس. إنّ عادات التفكير، والمواقع المكتسبة تشكّل جزءاً من رفاهية معيّنة يعزّ أن نتركها، لا بل نرفض أحياناً كثيرة أن نتركها.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

لا شكّ في أنّكم تدركون الحجم الذي قد تأخذه بيبليوغرافيا تتعلّق بالموضوع، لذا لجأنا إلى الاختيار واقتصرنا في ذكرنا على بعض الأعمال في كلّ من المجالات.

الأفكار العامّة

ب. كوريا B. Coriat، «Science, technique et capital»، باريس، 1976.

ج. دريان J.C. Derian، وأ. ستاروبولي A. Staropoli، « La Technologie incontrôlée»، باريس، 1975.

ج. ك. غالبريث J.K. Galbraith، «Le Nouvel État industriel»، باريس، 1967.

ب. جورج P. George، «L'Ère des techniques, constructions ou destructions»، باريس، 1974.

ر. ريكتا R. Richta، «La Civilisation au carrefour»، باريس، 1974.

وحول نقاط خاصّة أكثر:

ك. بنسوسان Cl. Bensoussan، «Progrès technique et distorsions économiques internes»، باريس، 1971.

ج. جونس G. Jones، «The Role of Science and Technology in Countries»، أوكسفورد، 1971.

ن. روزنبرغ N. Rosenberg، «Technology and American Growth»، نيويورك، 1972.

التحوّلات التقنية

ج. جوكس Jewkes، د. سوويرس D. Sawers ور. ستيلرمان R. Stillerman، «The Sources of invention»، لندن، 1958.

طاقة، محرّكات، صناعة ثقيلة:

ك. دلماس C. Delmas، «Le second Âge nucléaire»، باريس، 1974.

ب. لوفور P. Lefort، «Les Turbomachines»، باريس، 1969.

ش. ن. مارتان Ch. N. Martin، «Les Satellites artificiels»، باريس، 1972.

ج. بارّان G. Parreins، «Les Centrales nucléaires»، باريس، 1967.

ج. بيلانديني G. Pellandini، «Fusée et missiles»، باريس، 1970.

ج. ف. تيري J. Fr. Théry، «Les Carburants nouveaux»، باريس، 1971.

م. ويتمان M. Wittmann، و ك. توفينوه Thouvenot، «Les Mutations de la sidérurgie»، باريس، 1972.

الكيمياء:

فورنييه Fournier، «L'ère des matières plastiques»، باريس، 1955.

ف. غينوه Fr. Guinot، «Les Stratégies de l'industrie chimique»، باريس، 1975.

ج. فين J. Vene، «Les Plastiques»، باريس، 1971.

ألكترونيك وكمبيوتر:

ب. دومارن P. Demarne وم. روكرول M. Rouquerol، «Les Ordinateurs e pléctroniques»، باريس، 1970.

س. هاندل S. Handel، «The Electronic Revolution»، لندن، 1967.

ج. رنار G. Renard، «La Découverte et le perfectionnement des transistors»، ضمن «مجلّة تاريخ العلوم» XVI، 1964، ص. 323-358.

«Révolutions informatiques»، باريس، 1971.

التألّي:

م. آنشم M. Anshem، «Automation and Technological Change»، نيويورك، 1962.

«Aspects économiques de l'automation»، منظمة الأمم المتّحدة، 1971.

و. باكنغهام W. Buckingham، «The challenge of Automation»، نيويورك، 1955.

و. باكنغهام، «Automation, its Impact on Business and People»، نيويورك، 1961.

ج. دايبولد J. Diebold، «The Basic Economic Consequence of Automation»، نيويورك، 1960.

جاكوبسون Jacobson وروسيك Roucek، «Automation and Society»، نيويورك، 1959.

س. ليلي S. Lilley، «Automation and Social Progress»، لندن، 1957.

هـ. شيلسكي H. Schelsky، «Die Sozialen Folgen der Automatisierung»، دسلدورف، 1957.

المسائل السياسية والقانونية

ل. كارتون L.Carton، «Le Droit aérien»، باريس، 1969.

ش. شومون Ch. Chaumont، «Le Droit de l'espace»، باريس، 1960.

«Conditions du succes de l'innovation technologique»، عن منظمة O.C.D.E، 1971.

ش. دبّاش Ch. Debbasch، «Le Droit de la radio et de la télévision»، باريس، 1969.

ك. دلماس، «Histoire politique de la bombe atomique»، باريس، 1967.

«Directives pour l'étude du transfert des techniques aux pays en voie de développement» 1972 عن C.NU.C.E.D.

«Grands problémes découlant du transfert des techniques aux pays en voie de développement». عن C.N.U.C.E.D، 1972.

إ. ب. هوثورن E. P. Hawthorne، «Le Transfert de Technologie»، O.C.D.E، 1971.

ف. مانيان F. Magnin، «Know how et propriét industrielle»، باريس، 1974.

ف. مانيان، «Politique et Technique»، باريس، 1958.

إ. هـ. روجرز E.H. Rogers، «Diffusion of Innovations»، نيويورك، 1962.

ج. م. واغريت J.M. Wagret، «Brevets d'invention et propriété industrielle»، باريس، 1967.

المسائل الإجتماعية

ج. بيلي J. Billy، «Les Technocrates»، باريس، 1975.

ج. برنهام J. Burnham، «l'Ere des organisateurs»، باريس، 1947.

ج. دوفني J. Dofny، ك. دوران Cl J. Durand، ج. د. رينو J. D. Reynaud.

وأ. تورين A. Touraine، «Les Ouvriers et le progrès technique»، باريس، 1966.

ج. إيلّول J. Ellul، «La Technique ou l'enjeu du siécle»، باريس، 1954.

ج. فوراستييه J. Fourastié، «Machinisme et bien - être»، باريس، 1962.

ج. فريدمان G. Friedmann، «La Crise du progrès, esquisse d'histoire des idées»، باريس، 1936.

ج. فريدمان، «Problèmes humains du machinisme industriel»، باريس، 1946.

ج. فريدمان، «où va le travail humain»، باريس، 1963.

ج. فريدمان، «Le Travail en miettes»، باريس، 1964.

ج. فريدمان، «Sept Études sur l'homme et la technique»، باريس، 1966.

ف. هتمان Fr. Hetman، «La Société et la maîtrise de la technique»، O.C.D.E، 1973.

هوسليتز Hoselitz ومور Moore، «Industrialisation et société»، باريس، 1963.

س. و. ميلز C.W. Mills، «White Collar, the American Middle Classes»، أوكسفورد، 1951.

«Principes méthodologiques pour l'évaluation sociale de la technology»، O.C.D.E، 1975.

«Technologiy and Social Change»، نيويورك، 1960.

أ. تورين A. Touraine، «La Société post - industrielle»، باريس، 1969.

التكهّن

ر. أيريس R.U. Ayres، «Technological Forecasting and Long - Range planning»، نيويورك، 1969.

ف. دو كلوزيه Fr. de Closets، «En danger de Progrès»، باريس، 1972.

ج. إلغوزي G. Elgozy، «Le Bluff du futur ou demain n'aura pas lieu»، باريس، 1974.

ج. فوراستييه، «Le Grand Espoir du XX^e siécle»، باريس، 1963.

ج. فوراستييه، «La Civilisation de 1995»، باريس، 1970.

هـ. جان H. Janne، «Le Temps du changement»، فيرفييه، 1971.

إ. يانتش E. Jantsch، «La Prévision technologique»، O.C.D.E، 1968.

هـ. كان H. Kahn وأ. ج. واينر A.J. Wiener، «The Years 2000»، معهد هادسون Hudson Institute، 1967.

ف. مايو Fr. Mahieux، «La Prévision de l'innovation dans l'entreprise»، جنيف، 1975.

د. ل. ميدوز D.L. Meadows، «The limits to Growth»، معهد إم. آي. تي M.I.T، 1972.

أ. توفلر A. Toffler، «Futur Schock»، نيويورك، 1969.

بالنسبة لأحدث التطوّرات، استعنّا بالصحافة، لاسيّما جريدة «الموند».



الباب الثالث

التقنيات والعلوم

الفصل الأول

تطور التقنيات والتحليل الاقتصادي

إنّ موقع التقنيات في التحليل الاقتصادي كان وما زال ملتبساً تماماً. كلّ النظريات التي رأت النور منذ الثورة الصناعية الأولى والتي تشكّل، رغم التباعدات، صلب العلم الاقتصادي أقرّت بالدور الجوهري الذي تلعبه التقنيات: فهي قاعدة نظام الإنتاج، والتبادل والتوزيع التي بدونها لا يمكن تفسير أيّ شيء. في الوقت نفسه ظهر إدراج التغيّر التكنولوجي في التحليل على قدر كبير من الصعوبة. قد قامت فرضية التقنية الثابتة مراراً وتكراراً، علناً أو ضمناً. هكذا فإنّ دراسة التوازن قصير الأمد، التي سيطرت على كلّ أعمال المدرسة النيوكلاسيكية، والتي تبقى إلى اليوم المجموعة النظرية الأكثر تحضّراً، تفترض أنّ المستوى التقني يبقى ثابتاً. الفرضية نفسها نجدها لدى أتباع مدرسة العالم الاقتصادي كينز Keynes. كذلك فإنّ التحليلات التي لا معنى لها إلاّ على المدى البعيد، وإن كان المؤلّفون قد احترسوا من أن يحدّدوا، ولو جزئياً، المدّة الملموسة، قليلاً ما تعود، هي أيضاً، إلى التغيّرات المحتملة في التقنيات. إلى هذه الحالة تنتمي الحركية الريكاردية وحتّى الحركية الماركسية. ونشعر نوعاً ما أنّه بعد تحية تقليدية تُقدَّم للتقنيات، حاول الباحثون التخلّص من هذا الشيء المعيق الذي يصعب دمجه مع مجموعة أدواتهم التحليلية والذي كان كفيلاً بأن يعطي صفة العشوائية إلى ما كان يبدو لهم نتائج مرضية. ماذا كانت ستصبح عليه نظريات مالتوس Malthus وريكاردو Ricardo إن لم يذهب هذان العالمان في أفكارهما إلى التكهّن بتحوّلات الزراعة وخاصة المواصلات التي قلبت القرن التاسع عشر في ما بعد، واقتصرا فقط على ما كان يحدث في الواقع الإنكليزي خلال عصرهما؟ يمكننا القول نفس الشيء بالنسبة لماركس الذي جعل من المؤسّسة النسيجية الإنكليزية خلال السنوات 1840-1850 النموذج التام والحاسم للنظام الرأسمالي. أيضاً تدهشنا أكثر رؤية المصاعب التي واجهت المؤلّفين الذين أرادوا، منذ حوالي الأربعين سنة، أن يُدرجوا التقنيات بشكل واضح داخل نماذج النمو، حيث يبدو أخذها بعين الاعتبار، للوهلة الأولى، أمراً أساسياً.

يجب أن نعرف أنّ مفهوم «التقنية» الذي نصادفه في الكتابات الاقتصادية قلّما يكون

واضحاً ويتضمّن مسلّمات عديدة يُستحسن أن نميّز بعضها عن بعض. من وجهة النظر الساكنة، التقنية هي مجموعة العوامل المستعملة في نشاط معيّن، ذي طبيعة إنتاجية حتماً، وإن كان يمكن بسط المفهوم إلى نشاطات أخرى مثل البيع، التنظيم، ونسب استعمالها. كذلك فإنّ التقنية هي أساس، ما اتُّفق على تسميته «التركيبة الإنتاجية»؛ فمن الممكن تماماً أن يوجد عند لحظة معيّنة ومن أجل إنتاج سلعة ما، تقنيات عديدة تناوبية يمكن إجراء الاختيار بينها. هكذا فإنّ قسماً مهمّاً من نظرية الشركة يقوم على اختيار التركيبة المثلى من بين مجموعة التقنيات الموجودة، إن كانت محدودة العدد، أو غير محدودة (منحنيات ـ مساحات الاستواء). قد يحصل أيضاً أن تكون بعض التقنيات «أفضل» من الأخرى، عندئذ يقتصر الاختيار عليها حيث أنّها تشكّل منطقة التركيبات الفعّالة. يقودنا هذا إلى المفهوم الديناميكي للتطوّر التقني، أو إلى التغيّر التقني إن أردنا استعمال مفردات أقلّ معايرية. إلاّ أنّ مفهوم التطوّر راسخ بقوّة في التحليل لأنّنا نعتبر بشكل عام أنّ التغيير لا يحصل إلاّ إذا حمل معه التطوّر، وبشكل أساسي تخفيضاً في كلفة العوامل من أجل الحصول على المنتوج. إذن لدينا على مرّ الزمن، ومن أجل نفس المنتوج، متتالية من مناطق التركيبات الفعّالة، تقع كلّ منها عند مستوى فعالية أعلى من سابقتها.

هناك مفهوم آخر مترابط مع مفهوم التركيبة الإنتاجية هو «دالّة الإنتاج»، وهي تربط إنتاج سلعة معيّنة مع إسهامات (inputs) العوامل المستخدمة. لقد كانت بادىء الأمر عبارة عن مفهوم تجريبي، مطبّق على الصعيد الكلّي، الاقتصادي الجمعي، على مقياس أمّة معيّنة. لقد سمحت أعمال كوب Cobb ودوغلاس Douglas حول الاقتصاد الأمريكي بين العامين 1921 و 1940 بإبراز الدالة الشهيرة كوب ـ دوغلاس بشكل خاص. إلاّ أنّه بالإمكان فهم دالّة الإنتاج على مستوى مفكّك أكثر: مستوى فرع معيّن، وحتّى مؤسّسة معيّنة. عندئذ تكون علاقتها مع التركيبة الإنتاجية واضحة. لنأخذ تركيبة محددة بنسب العوامل التي تتدخل فيها؛ إذا غيّرنا الكمّيات المطلقة لهذه العوامل، نحصل على دالّة إنتاج لتقنية معيّنة. إذن يمكن وصف المرور من تقنية إلى أخرى بأنّه تغيّر في دالّة الإنتاج. وتمثّل مجموعة التقنيات القابلة للاستعمال مجموعة دالاّت الإنتاج التي يمكن للشركة أن تختار من بينها. في التحليل النظري العنصر الحاسم هو إذن السعر النسبي لكلّ من العوامل المختلفة.

عندما نزيد كمّيات العوامل تناسبياً، أي ضمن البقاء داخل التقنية نفسها ومع تركيبات إنتاجية من نفس النوع، فإنّ الوحدة الاقتصادية (الشركة أو الأمّة) تتطوّر على مدى دالّة الإنتاج نفسها. مع هذا قد يتغيّر الإنتاج الحاصل بثلاث طرق مختلفة.

I ـ تناسبياً مع إسهامات العوامل. في هذه الحالة تكون دالّة الإنتاج متجانسة من

الدرجة 1 من النوع:

$$P = f(T,C) \rightarrow \lambda P = f(\lambda T, \lambda C)$$

حيث P ترمز إلى الإنتاج، T إلى العمل و C إلى رأس المال.

قد تبدو هذه الدالّة هي الأكثر طبيعية وغالباً ما تعمد النماذج النظرية إلى افتراض مردودات ثابتة المستوى؛ فنحصل على خطّ من هذا النوع (شكل 1)، حيث يتمثّل الإنتاج P بخطّ مستقيم يرتفع بانتظام انطلاقاً من نقطة الأصل.

وعلى مدى دالّة إنتاج خطّية ومتجانسة: $P = T^{\alpha}C^{1-\alpha}$، تمكّن كوب ودوغلاس من تسوية نموّ الاقتصاد الأمريكي.

II ـ إذا تطوّر الإنتاج P أكثر من تناسبياً بالنسبة لإسهامات العوامل، نحصل على مردودات متزايدة أو توفيرات في المقاييس، حيث تُستعمل العوامل بصورة أفضل فأفضل كلّما تزايد حجم الوحدة. نحصل إذن على تطوّر اقتصادي دون تغيّر في التقنية، فقط بفعل تنظيم أفضل للإنتاج وتخفيض في متوسّط كلفته (شكل 2).

III ـ إذا تطوّر الإنتاج P أقلّ من تناسبياً، نحصل على هبوط في المستوى الاقتصادي وهدر للعوامل كلّما كبر حجم الوحدة.

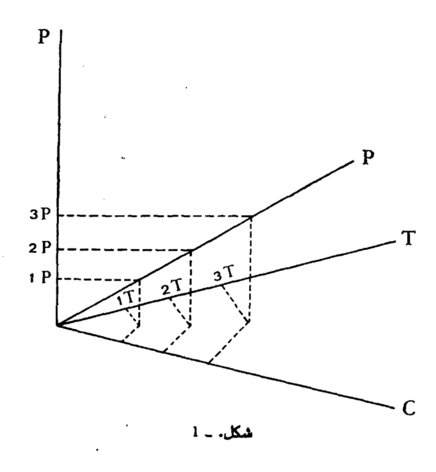
أخيراً تجدر الإشارة إلى أنّ هذه التطوّرات الثلاثة قد تتعاقب في الزمن، بشكل عام حسب المتوالية: مردودات متزايدة، ثابتة ومتناقصة، فنحصل على منحنى لمتوسّط الكلفة على شكل ، كما يصادر عليها غالباً التحليل الاقتصادي. عندئذٍ تصبح معالجة دالّة الإنتاج أصعب بكثير لأنّها تفقد خاصية التجانس.

يقع هذا النوع من التحليل عند أقصى مستوى من العمومية والتجرّد ولهذا لا معنى له إلاّ إذا افترضنا عوامل وإنتاج متجانسة ولا يمكن التمييز بينها. من جهة أخرى لا يُعقل النظر إلى التغيّر التقني إلاّ كتعديل في النسب لا يؤثّر أبداً على نوعية الإسهامات. ما أن نترك هذه الفرضية البعيدة نوعاً ما عن الواقع، حتّى تتعقّد الأمور ويزداد مفهوم التغيّر التقني غنى بشكل ملموس.

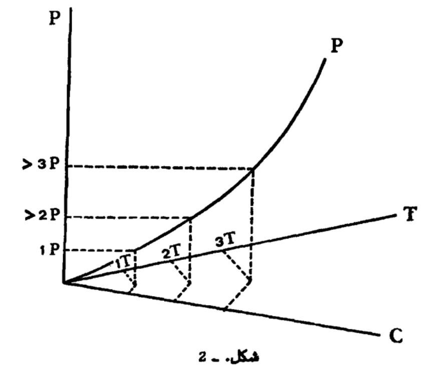
يمكننا أوّلاً التمييز بين نوعين من التحوّلات ينفصلان بوضوح على مستوى المفهوم، وبشكل أصعب بكثير في الواقع العملي: تغيّر المنتوج وتغيّر العملية أو السياق.

إنّ تغيّر المنتوج يمكن أن يطال مجمل الإنتاج إذا افترضنا بقاء هذا الأخير متجانساً، أو يطال تركيبه في حال الإنتاج المتنوّع. وهنا يظهر مفهوم «المنتوج الجديد».

تغيّر العمليّة لا يؤدّي بحدّ ذاته إلى تطوّر في المنتوج ولكن فقط إلى تغيّر كمّي



شكل ـ 1



شكل ـ 2

ونوعي في تركيب إسهامات العوامل، حيث تأتي عوامل جديدة، لم تُستعمل بعد، وتدخل في التركيب كما قد تختفي عوامل أخرى منه.

بابقائنا على فرضية تجانس المنتوج أو تجانس التركيب كما هي، يمكن فهم تغيير العملية بأشكال عديدة. فهي تؤثّر دفعة واحدة على مجمل الإنتاج، حيث تحلّ العملية الجديدة تماماً مكان القديمة، أو فقط على جزء يكبر تدريجياً، على إيقاع استبدال العوامل المستهلكة بالكامل الذي يمكن أن نضيف إليه أيضاً التزايدات الدورية للطاقة الإنتاجية. بالدرجة الثانية، وباحتفاظنا بالتمييز الأساسي بين العوامل البشرية (العمل) والعوامل غير البشرية (رأس المال بمعناه الواسع)، يمكن للتجديد أن يتجسّد ويندمج في المجموعة الأولى أو في الثانية؛ تظهر كفاءات جديدة أو تحلّ أنواع جديدة من العتاد والمواد الأوّلية مكان القديمة دفعة واحدة أو تدريجياً.

إذا كان التمييز بين تغيير المنتوج وتغيير العملية واضحاً جدّاً نظرياً، فمن الصعب، باستثناء بعض الحالات النادرة، أن نجد أمثلة بحتة في الواقع الملموس. يمكننا مثلاً اعتبار فولاذ الأوكسيجين ضمن هذه الفئة، إذ أنّ نوعية المنتوج قلّما تتأثّر بإدخال عامل جديد، ضخّ الأوكسيجين يسمح فقط بالحصول على تخفيض في كلفة الإنتاج. كذلك الأمر مع إنتاج التيار الكهربائي بطريقة نووية. إلاّ أنّه غالباً مع يُؤدّي تغيير العملية إلى تغيير في طبيعة المنتوج وغالباً أيضاً ما يتطلّب منتوج جديد، أو فقط معدّل، تحوّلاً في طبيعة العوامل المستخدمة.

إلاّ أنّ للتمييز أهميته، على الأقلّ بالنسبة للشروط التي أدّت إلى «التجديد». بشكل عام يقوم تغيير العملية على البحث عن تخفيض في كلفة الإنتاج؛ ويُبحث عن الربح في تحسين شروط عرض المنتوج. أمّا تغيير المنتوج فيتوجّه إلى الطلب؛ إذ أنّنا نحصل على الربح عن طريق فتح سوق جديد.

كذلك فإن مفهوم التركيبة الإنتاجية يفتح بدوره الدرب أمام تمييز آخر يتعلّق بحجم وأهميّة التجديد.

في الواقع يمكننا أن نبرز ناحيتين من التركيبة الإنتاجية: العوامل التي تدخل ضمن التركيبة ونسب وجودها من جهة، ومن جهة أخرى طبيعة التركيبة نفسها وردود الفعل التي تحصل فيها بحكم وجود هذه العوامل. الميدان الأوّل هو ميدان التقنيات بحصر المعنى، والثاني هو ميدان التكنولوجيات.

في الأدب الاقتصادي غالباً ما تُستعمل الكلمتان دون أي تمييز بينهما، ولكن يبدو أنّ الواقع يميّز ويعطي مفهوم التكنولوجيا معنى أقرب إلى معناها الأوّل: علم التقنيات.

تتميّز التكنولوجيا بميدان معيّن من المعلومات وإن كان ذا طبيعة تجريبية، وبفنّ إحداث بعض أنواع ردود الفعل عبر جمع العوامل. أمّا التقنية فتدخل في نطاق تكنولوجيا تكون الأولى عبارة عن تطبيق ملموس لها. إذا أخذنا حالة تغيّر في العملية فالأمر يبدو واضحاً: إنّ استبدال الفحم بالفيول في المفاعلات الحرارية هو عبارة عن تغيّر ذي طبيعة تقنية حتّى وإن وجب استعمال بعض العوامل الجديدة، بالمقابل فإنّ ظهور الراكسات النووية هو تغيّر تكنولوجي لأنّه وجب التحكّم بردود فعل جديدة.

بالطبع ليس من السهل أن نرسم الحدّ بين الأمرين لأنّ إدخال عامل جديد في تركيبة ما قد يؤدّي إلى مجرّد تغيير تقني كما إلى تغيير تكنولوجي حقيقي؛ وبالعكس فإنّ ظهور تكنولوجيا جديدة يتم غالباً عبر تغييرات تدريجية في التقنيات، دون أن يكون هناك بالضرورة انقلاب سريع أو افتتاح مفاجىء لميدان معلومات جديد، حيث أنّ هذا الميدان ينكشف بصورة بطيئة. إذن لا يمكن تقدير مدى أهمّية تطوّر معيّن إلاّ على المدى الطويل.

تقودنا هذه الملاحظات إلى طرح سؤال جديد: ما هو الفعل الأساسي أو اللحظة الأساسية في مجال التغيّر التقني أو التكنولوجي؟ كان العالم الاقتصادي شومبتر Schumpeter وهو أوّل من لفت إلى أهمّية التطوّر التقني في التطوّر الاقتصادي يميّز بعناية بين الاختراع والتجديد. فالاختراع لا يملك، بحدّ ذاته، ناحية اقتصادية؛ إنّه عبارة عن اكتشاف مبدأ يغني المعرفة، ولكن قد يبقى محصوراً ضمن هذا النطاق ولا يُستخدم لشيء. أمّا التجديد فهو بالعكس تطبيق اقتصادي ميزته الأساسية أنّه يبتكر دالّة إنتاج جديدة باستعماله موارد معيّنة بطريقة غير مستهلكة بعد. التجديد مستقلّ عن الاختراع بدرجة واسعة؛ فهما ليسا عمل نفس الأفراد، في عدد كبير من الحالات، ولا ينبثقان خاصّة عن نفس الدوافع أو نفس السياق الذهني والاجتماعي: فالاختراع هو أمر غير مغرض أقلّه على الصعيد المادّي، بينما التجديد يهتمّ بشكل أساسي بالبحث عن الربح ويقوم عليه. حتّى أنّ بعض عمليّات التجديد لا تستند إلى الاختراعات، بالمعنى العلمي للكلمة، فهي تكون ثمرة عملية تجريبية محضة. إنّها بصورة خاصّة حالة ميادين مختلفة من النشاط الإنتاجي البحت، لأنّ شومبتر يبسط مفهوم التطوّر التقني إلى أبعد بكثير خارج نطاق هذه الكرة ويجعله يشمل تحوّلات تنظيم الشركة والدخول إلى أسواق جديدة. عندما يكون أصل التجديد إختراع معيّن، فإن المجدِّد ينقّب في مجموعة المعلومات المتراكمة ممّا يجعل من المدّة التي تفصل بين ظهور مبدأ علمي واستعماله داخل الكرة الإنتاجية متفاوتة الطول ومتوقّفة على ظهور مقاول مجدّد، هذا الظهور الذي لا يخضع إلى أي قانون أو إنتظام. مع هذا سوف نرى أنّ هذه الناحية تناقضها نقطة أخرى من تحليل شومبتر تجعل من التجديد محرّك التقدّم الدوري للأنظمة الاقتصادية.

كيف تتوافق الصفة العشوائية للتجديد مع شبه إنتظام الدورة هو أمر يبقى غامضاً وغير مفسّر. بالطبع هناك حالات يبدو فيها التجديد والاختراع متطابقين ولكن ناحية التجديد هي التي تغلب، بمعنى أنّ الاختراع هو نوع من المنتوج الثانوي لبحث تجريبي أساساً. نادراً ما يستقي المجدّد بنفسه النتائج العلمية لاكتشافاته.

هذا التمييز الشومبتري، بالرغم من أنّه يبدو مبنياً جيّداً، كان عرضة للانتقاد. إنّ فحصاً أدقّ للواقع لا يسمح لنا بإقامة حاجز بهذا الإحكام بين المسيرتين. فلا اكتشاف المبادىء العلمية ولا التطبيقات العملية هي من نفس طبيعة ومضات العبقرية المفاجئة والتي تسهل معاينتها وعزلها، على مرّ التاريخ. معظم الأحيان هي أمور تختلط ببعضها وتتوالد في عملية متواصلة. المبادىء لا تخرج مسلّحة بالكامل خارج دماغ عالم عبقري، إذ أنّه يستشفّها بطريقة غير كاملة. وتستند أولى التطبيقات إلى هذه المعرفة غير الكاملة وتساعد على تحديد الثغرات وسدّها. يقدّر أوشر Usher مثلاً أن كلّ تطوّر تقني ينطلق من إدراك ثقب في المعلومات ويقوم على أساس البحث عن حلّ والمراجعة النقدية لهذا الحلّ. هكذا يمكن أن نصل إلى توسيع للمعلومات، في حال بدا الحلّ الأوّل متعثّراً وغير متكيّف كما ينبغي. في حين أنّ شومبتر يفصل بين البطلين، المخترع والمقاول، بكامل الوضوح، تعتبر وجهة النظر هذه أنّ الإختراع وحدة كاملة، تتضّمن مبادىء الأساس والتطبيقات العديدة، وهو ثمرة سلسلة من الجهود والتطوّرات «الصغيرة» لا يمكن لأيّ منها أن يمثّل «الخطوة الحاسمة». لا شكّ في أنّ بعض المعلومات تبقى عقيمة دوماً، والبعض الآخر لا يظهر إلاّ ببطء انطلاقاً من الأبحاث التطبيقية، التي قامت بادىء الأمر دون هدف علمي واضح. في حالات أخرى، تقودنا ضرورات التقويم في سبل لم نكن نتوقعها في البدء وتؤدّي إلى إبراز مبادىء مجهولة كلّياً. لا نجد هنا مساراً مميّزاً للتطوّر، ولا تمييزاً قاطعاً بين الاختراع والتجديد بالمعنى الشومبتري، من جهة أخرى لا يلتقي الفصل الذي أجريناه بين التكنولوجيا والتقنية مع الفصل بين التجديد والاختراع لأنّ التكنولوجيا ليست فقط من ميدان العلم البحت؛ إنّها تتضمّن قسماً لا يُستهان به من المعلومات التطبيقية. إنّها موجّهة بالكامل نحو الاستعمال الصناعي. يضع أوشر هنا تمييزاً منوّراً بين اختراع أوّلي هو ذو طبيعة علمية، اختراع ثانوي هو إستعمال تطبيقي يبتكر وظيفة جديدة إمّا في مجال المنتوجات إمّا في مجال طرق الإنتاج ويقترب من مفهوم التكنولوجيا، وأخيراً اختراع ثالث هو تحسين لا يسط الوظيفة ويمكننا اعتباره تقنية جديدة. ولكن إذا كان هذا التقسيم الثلاثي ممكناً على المستوى المفهومي، فهو يبقى صعب المعاينة في الواقع الملموس حيث نجد المستويات الثلاثة، وبصورة متكرّرة، ممزوجة جدّاً.

إنّ فكرة شومبتر المتركّزة حول المقاول المجدّد تلفت النظر إلى أوّل تطبيق للتجديد التقني معتبراً مذ ذاك كاملاً ومنتهياً. إنّها تظهر كحدّ فاصل في سياق التاريخ الاقتصادي. أمّا فكرة أوشر، وهي أكثر تدرّجاً، فإنّها تحدّ من أهميّة هذا التطبيق الأوّل. هنا نجد بالعكس سلسلة من المحاولات، يتحدّد خلالها التجديد، يرقى، يجد مجالات تطبيقه المفضّلة، وقد يتوزّع ضمن استعمالات مختلفة. الفصل هو أقلّ وضوحاً، وأحياناً يصعب إيجاده، فنرى التغيّر يتواصل ضمن النظام الاقتصادي. الأهمّ أكثر من ظهور دالّة إنتاج جديدة هو التحوّل الذي يجري في الدالّة المتوسّطة لمجموعة مراكز الإنتاج.

يمكن النظر إلى التجديد التقني بشكل محدّد أكثر، على أنّه ينطبق فقط على وضع السلع وشروط إنتاجها؛ إنّه الاستعمال الأكثر تداولاً له. من أكثر العلامات المميّزة في عمل شومبتر هي أنّه خرج بمفهوم التجديد من نطاق هذه الدائرة الضيّقة، فبالنسبة له يؤثّر التطوّر التقني بشروط البيع كما بطريقة إدارة المشروع. وهو يشمل فتح الأسواق الجديدة، ابتكار عمليّات تنظيم بيع جديدة مثل المخازن الكبرى أو الفروع الكثيرة، وتكوين المؤسّسات الكبيرة عن طريق الاتّحاد أو الاستيعاب. أكثر من تحوّل للدالّة، يمكننا أن نتكلّم عن تحوّل في «دالّة نشاط المؤسّسة» الذي يغطّي كلّ الأفعال التي تقوم بها والتي لا تقتصر على الوضع المادّي للمنتوج وحسب. كذلك فإنّ عمليّتي البيع وإدارة العمل تستهلكان أيضاً عدداً من العوامل. وهناك أكثر من هذا: لا يمكن منطقياً أن نعزل أحد نشاطات المؤسّسة ونميّزه؛ المؤسّسة تنتج كي تبيع وتبيع حسب ما تنتج. في نقطة معيّنة، يؤدّي التجديد التقني إلى خلل في توازن مجموعة النشاطات وإلى تعديل شامل. إنّ طريقة تسمح بإنتاج بالجملة بكلفة متوسّطة أقلّ تدعم إفتتاح شركات كبيرة، تدفع إلى التجمّعات، تستلزم تنظيماً جديداً يوزّع النفوذ بشكل آخر، وتستدعي أخيراً قوّة مبيع مضاعفة ومنطقة مبيع أوسع. تجبرنا إقامة شبكة من الفروع على إعادة النظر بشروط الإنتاج والتزويد. الصدمة الأولى قد تظهر في نقطة أو في أخرى، وهي تستلزم عمليّة تكيّف معدّة لإعادة الترابط، الذي تعرّض للخطر للحظة من اللحظات.

ولادة التغيّر التقني

يجدر الإعتراف أنّ التحليل الاقتصادي قلّما يعطي تفسيراً وافياً للتطوّر التقني. يشكّل المستوى التقني لأحد المجتمعات قسماً من المعطيات التي تُبنى على أساسها النظرية، التغيير هو ذو طبيعة خارجية المنشأ ويلعب كتعديل في المعطيات؛ إنّه يأتي من الخارج وليس مبنياً (built in) ضمن النظام. ماركس Marx هو دون شك المؤلّف الذي ذهب أبعد ما يمكن باتّجاه دمج التطوّر التقني في عمل الاقتصاد. مع ذلك تبقى محاولته غير كاملة

وعرضة لتناقضات داخلية عديدة. إنّ التطوّر التقني هو وليد رغبة المقاولين بزيادة كمّية ربحهم وبرفع معدّله؛ ولكن في نفس الوقت ينزع هذا التطوّر إلى التأثير على أسس هذا الربح بتعديله في التكوين العضوي لرأس المال ضمن إتّجاه يلائم رأس المال الثابت الذي لا يؤدّي إلى فائض القيمة. الأثر الأساسي للتطوّر التقني هو خفض المصروف في عامل العمل لكلّ وحدة منتوج أو أيضاً زيادة كمّية السلع الحاصلة بالنسبة لكمّية معيّنة من العمل الحيّ.

عند تطبيق التطوّر التقني على سلع الاستهلاك العمّالي، فإنّه يسمح بتخفيض مجموع الرواتب بجعله المعاشات أقلّ كلفة من حيث ساعات العمل (فائض القيمة النسبي)، وعند تطبيقه على السلع الأخرى فهو يسمح برفع الربح، إذا بقي السعر على حاله. إلاّ أنّه يجدر تقديم بعض الإيضاحات. إذا كان التوفير من العمل الحي (رواتب) يتعدّل بزيادة في مصاريف العمل الميت (رأس مال ثابت) فإنّ الكلفة لم تُحدّ والذي تحدّد هو قسم رأس المال الذي يؤدّي إلى فائض القيمة. إذن يتعيّن أن لا نوازن الحدّ من كميّة الرواتب بواسطة زيادة مساوية في رأس المال الثابت. كذلك فإنّ كميّة العمل الكلّية المدموجة مع السلعة تنخفض هي وقيمتها. عندئذ لا يكون تزايد الربح ممكناً إلاّ إذا لم يعد سعر السلع يقتدي بقيمتها الخاصة بل يتثبّت بنوع من القيمة المتوسّطة، وهي نتيجة يضطرّ ماركس للوصول إليها. إذن لا وجود للفائدة التي يحصّلها المقاول إلاّ قدر ما يتقدّم على الآخرين وبقدر ما يُبعد طريقته عن بلوغ رتبة التقنية العادية التي تحدّد مدّة العمل «الضروري اجتماعياً» للحصول على المنتوج. ماركس، قبل شومبتر بكثير، لاحظ فعلاً مرحلتي التطوّر التقني: الإدخال والتعميم. ويبقى من الصعب أن نفسّر لماذا سلع الاستهلاك العمّالي والسلع الأخرى لا تتصرّف تماماً بنفس الطريقة وخصوصاً لماذا يخضع سعر العمل بشكل أفضل بكثير من سائر الأسعار إلى قانون القيمة. التطوّر التقني، التعديل في التركيب العضوي لرأس المال وميل معدّل الربح للتناقص الذي نتج عن هذا التعديل، تجبر ماركس على إرسال القيمة ـ العمل إلى سماء الأفكار الأفلاطونية التي كما نعرف جميعاً لا تتحقّق على أرض الواقع. وتجبره خصوصاً على وضع نظرية أسعار معقّدة للغاية مضيفاً مفهوم السعر الأساسي (كمّية العمل المندمج) الذي لم يتحقّق أبداً، السعر الظاهر وهو نتيجة معادلة معدّلات الربح بين الفروع والمؤسّسات مختلفة التركيب من حيث رأس المال، وسعر السوق الحقيقي وهو نتيجة حركة العرض والطلب.

مهما يكن فإنّ ماركس قد أظهر أنّه في مجتمع من المؤسّسات الخاصّة دافع الربح هو المصدر الأساسي إن لم يكن الوحيد لتطوّر التقنيات. ولم يسع شومبتر، الذي كان يكنّ له تقديراً كبيراً، إلاّ أن يحتذي به في هذا المجال، وربط بشدّة بين التطوّر التقني والنظام

الرأسمالي، تحت أبرز صورة له وهي صورة المؤسّسة الفردية حيث شخص واحد يتحمّل المخاطر ويتلقّى المكافآت من جراء أعماله.

بالطبع كان هناك تطوّرات في المجتمعات ما قبل الرأسمالية أو بالأحرى ما قبل الصناعية، ولكن على فترات متباعدة وكانت استمرارية الطرق والمنتوجات تمتدّ على فترات قرنية أو حتّى ألفية. من جهة أخرى، حيث كانت التطوّرات هي الأوضح ـ التجارة، المصارف ـ كان الأمر يتعلّق بميادين نما فيها حسّ رأسمالي حقيقي كما في إيطاليا القرون الوسطى أو في روما خلال القرن الأوّل قبل الميلاد.

في كتابه الأخير «الرأسمالية، الاشتراكية، الديموقراطية» كان شومبتر يشكّ في قدرة الميل القوي للتطوّر التقني على الاستمرارية في حال زوال رونق الروح الرأسمالية في عالم الشركات الكبيرة وخاصّة في حال إقامة نظام اقتصادي مختلف، نوع من «خدمة البشرية»، غير مغرض في جوهره، كان يبدو له دافعاً يفتقر إلى القوّة اللازمة.

في رأي شومبتر، يرتكز التطوّر التقني بشكل أساسي على وجود مجموعة من الرجال يشغلون موقعاً خاصاً ويتمتّعون بشخصية موهوبة: المقاولون.

لا يمكن للمقاول أن يوجد إلاّ في عالم من المؤسّسات الحرّة والمستقلّة التي تشكّل مراكز قرارات لا تخضع إلى أي سلطة عالية. وسلطة المقاول على المؤسّسة هي تامّة بالضبط كمسؤوليته عن كل ما يطال نتائج القرارات التي يتّخذها. وحتّى هذا الوضع لا يكفي، إذ ينبغي أيضاً أن تحرّك المقاول رغبة الحصول على أكبر أرباح ممكنة وأن يتمتّع بحسّ حقيقي للمغامرة.

النظام الرأسمالي يشيد بدون شكّ بدافع الربح ولكنّه لا يخلق بالضرورة الجرأة الضرورية لتحقيقه. في عالم من المؤسّسات الفردية، العديدة وصغيرة الحجم والتي تخضع للمنافسة، يميل الربح نحو أدنى مستوى له (الربح المناسب) يكفي بالضبط لبقاء المؤسّسة ناشطة، ولكن في الوقت نفسه تكون الرغبة في الربح قويّة بقدر ما تكون المكافأة التي تحصل عليها، بشكل مداخيل أو قوّة أكبر، واقعة على فرد ليس عليه أن يقتسمها مع أحد. إنّ نظاماً كهذا هو كفيل بشكل خاص بتفتّح شخصية المقاول ـ المجدّد. إذا أراد رئيس المؤسّسة أن يزيد أرباحها بشكل ملموس، فعليه أن يستبدل وضع المنافسة بوضع إمتياز. فبما أنّ حذف الآخرين مباشرة هو أمر غير ممكن، يجب القيام بشيء آخر وهذا الشيء الآخر هو التطوّر التقني، تحت واحد من أشكاله، المنتوجات، طرق الإنتاج، الأسواق، التنظيم. إنّ التجديد يضع المؤسّسة في موقع مميّز، وبفضله تتزايد أرباحها. هكذا بمناقضته للأفكار الموروثة يقوم شومبتر بالإطراء على الامتياز، ليس الامتياز المتحقّق والقائم الذي هو عامل

ركود، بل الامتياز المرغوب والمسعي نحوه. لا يمكن للنظام أن يحتفظ بحركيته إلاّ في حال يكون بقاء الامتياز مؤقّتاً، مهتزّاً بدوره بمسيرة مقاول آخر تحرّكه نفس الدوافع. ليس لكلّ تجديد سوى مفعول مؤقّت، لأنّه مهدّد من جهة بتجديدات أخرى ومن جهة أخرى بعملية انتشاره الخاص.

ليس لدى كل مدراء المؤسّسات المؤهّلات كي يصبحوا مقاولين ـ مجدّدين. إنّ العدد الأكبر يبقى مؤلّفاً من الإداريين (مدراء الأعمال)، وهي وظائف قيّمة ومفيدة ولكن غير قادرة على دفع التطوّر ورفعه، أقلّه في فترة أولى، لأنّها تستولي على التجديد ما أن يثبت قيمته وإمكاناته. إذن على المجدّد أن يحرّكه حسّ خاص هو حب المخاطرة.

المجدّد الشومبتري ليس مخترعاً، أو عبقرية علمية أو حتّى تقنياً بالضرورة، قادراً على ابتكار الشيء الاقتصادي الجديد انطلاقاً من بعض المبادىء المعروفة. إنّه فقط الشخص الذي يستشفّ الربح الذي يمكن أخذه من هذا الشيء، يتّخذ قرار استعماله، يتحمّل كلّ المخاطر وفي الوقت نفسه كلّ آمال الفوز. إنّه يخرج من نطاق إدارة الأعمال الروتينية مع كلّ المخاطر التي يتضمّنها هذا الخروج، ممّا يفسّر قلّة وجوده النسبية. ويركّز شومبتر على ثلاث خصائص أساسية للتجديد. إنّه عمل فرد يبحث عن مصلحته الشخصية؛ إنّه يتطلّب فعل إرادة؛ إنّه عبارة عن رهان قد يخسر كما قد يربح.

دون أن ننكر حقيقة هذا الوصف وصحّته، يُستحسن أن نجري بعض الملاحظات من أجل الإيضاح.

كما رأينا نادراً ما يكون التجديد كاملاً من الوهلة الأولى. فهو قد يكون نتيجة عملية متواصلة يشارك فيها العديد من المقاولين والعديد من المخترعين، حيث يضفي كلّ منهم تحسيناً معيّناً أو توجيهاً جديداً في الاستعمال. إنّه عبارة عن مجموعة هذه التطوّرات دون أن يكون أيّ منها حاسماً. يمكننا هنا أن نشير إلى احتمال أن لا يكون التطبيق الأوّل لتجديد ما سوى نجاح ضعيف فعلاً: المنتوج لا يعمل جيّداً، يفتقر إلى سلع مكمّلة، النفقات بدت أكبر بكثير ممّا كان متوقّعاً. التطبيق الثاني هو الذي ينجح لأنّه يستفيد من التجربة المكتسبة، يكمل المنتوج ويكيّفه بصورة أفضل مع متطلّبات سوق بدأ يظهر. إذا كانت جدارة الرائد الأوّل هي التي تبقى، فإنّ من يصل ثانياً هو الذي يدخل التطوّر في النظام الاقتصادي ويملأ الدور الحقيقي للمجدّد الشومبتري.

هناك ملاحظة أخرى تتعلّق بالناحية الفردية للتجديد. كان شومبتر، دون أن يؤكّد على الأمر، يخشى أن تكون نسبة الاختراع ضمن نطاق رأسمالية الوحدات الكبيرة أقلّ منها ضمن المؤسّسات الصغيرة حيث تقوى المصلحة الشخصية.

إنّ القدرة على التجديد متركّزة في الأجهزة الموجودة ولا تفسح المجال لنفس فرص المبادرة كما في نظام اقتصادي أقلّ تركّزاً. ودور الأفراد يغرق في البنيات الإدارية، الأكثر مقاومة لتفتّح التجديدات، المزعجة بالضرورة. مع هذا يجب الاعتراف بأنّ نسبة الاختراع كانت عالية في المؤسّسات الكبيرة منذ ما يقارب الأربعين سنة. ولا شكّ في أنّ أسلوب الاختراع قد تغيّر بعض الشيء، حيث أصبح أكثر منهجية، مستدعياً عبقرية أقلّ وتنظيماً أكثر، قائماً على عاتق مجموعات من الأخصائيين مهمّتهم الاكتشاف. ويمكننا أن نفسّر إستمرارية وحتّى تسارع التطوّر التقني في الرأسمالية المركّزة بأسباب عديدة.

أ) حجم المقدّرات التي يمكن تخصيصها للبحث والذي لا سبيل لمقارنته مع ما يمكن أن ينبثق عن مؤسّسة صغيرة.

ب) المخاطرة أقلّ لأنّه غالباً ما يكون للمؤسّسة نشاطات أخرى.

ج) بقاء المؤسّسة، وهو الهدف الأساسي للمسؤولين عنها، ليس ممكناً إلاّ عن طريق نموّها الذي يشترط منتوجات جديدة لأنّه لا يمكن أن يمتدّ سوق المنتوجات القديمة إلى ما لا نهاية.

د) أسواق احتكار الأقلّية هي ملائمة بشكل خاص للمنافسة عن طريق التجديد، لأنّ المنافسة عن طريق الأسعار خطرة ولا يمكن لشركة أن تحلّ مكان أخرى في الأسواق الموجودة دون خطر صراع مُهلِك.

هـ) التنظيم نفسه يشجّع، إلى حدّ ما، التطوّر التقني: ما أن تُنشأ مراكز البحث حتّى يصبح لديها ديناميكيتها الخاصّة ولا تعود تستطيع التوقّف عن الاختراع.

و) أخيراً تتمتعُ الشركة الكبيرة بإمكانات أكبر لدفع الحث إلى المستوى النظري، ما لا يمكن حدوثه مع المقاول الفردي.

تستحقّ هذه النقطة الأخيرة أن نتوقّف عندها. لقد قلّل شومبتر من دور البحث النظري أي إبراز المبادىء العلمية حيث إنّه فرّق بينه وبين الناحية العملية للتجديد: لا يهدف المقاول إلى تطوير العلم، إنّه فقط يأخذ منه ما يجده فيه. إنّ البحث ذا الطابع العلمي لا يجري ضمن المؤسّسة لأنّه مكلف، عشوائي ولا يؤدّي مباشرة إلى استعمالات مربحة. من جهة أخرى بما أنّه يبرز قوانين وليس طرقاً أو منتوجات محدّدة فهو لا يقود إلى اختراعات تمكن إجازتها ولكنّه يميل بالعكس إلى تشجيع المنافسين. المقاول يحاول أن يخلق طرقاً اقتصادية داخلية ضمن شركته وليس أن يطوّر اقتصادية خارجية من أجل مجموعة المؤسّسات. حتّى أنّ أسلوب هذا البحث نفسه لا يتكيّف كثيراً مع الشركة لأنّه كي ينجح

لا يجب أن يكون منذ البدء محصوراً ضمن نطاق المنفعية بل حرّاً في تطوّره بأيّ اتّجاه كان. لا يمكن أن يكون عبارة عن البحث عن شيء مخدّد سلفاً.

إلاّ أنّ هذه الخصائص نفسها قد تجعل من البحث مفيداً بصورة مميّزة إذا توفّرت بعض الشروط.

أ) إنّ معرفة المبادىء توفّر الكثير من الوقت والجهد من أجل التطبيقات. هكذا يبدو المرور عبر البحث العلمي مثمراً لأنّه يتجنّب طريقة المحاولات والأخطاء في حلّ مسألة معيّنة. قد تكون النفقة الأولى كبيرة لكن نجد أنّ مجموع النفقات الكلّي سيكون محدوداً.

ب) غالباً ما يقودنا البحث النظري إلى ميادين جديدة، مربحة اقتصادياً ولكن غير متوقّعة بادىء الأمر. بعض التجديدات لا يمكن أن تولد ضمن إطار بحث موجّه بالضرورة نحو أمر معروف. في هذا النوع من البحث نميل إلى حذف كلّ ما لا يتّصل بالهدف المقصود. أمّا البحث النظري فيبقى مفتوحاً أمام كلّ تطوّر ممكن.

إنّ أيّ مؤسّسة لا تلتزم بهذه الطريق إلاّ إذا تكفّلت بالنفقات الضرورية خلال وقت طويل بما فيه الكفاية لأنّها لا تضمن مردوداً سريعاً، أو أيّ مردود. ويمكننا الإشارة إلى أنّ هذا الأخير يكون من جهة أخرى حقيقياً كلّما كانت إدارات البحث عديدة وقادرة على التكاثر، على مدى الاكتشافات، ممّا يؤدّي أيضاً إلى زيادة النفقات الأولى. من المستحسن كذلك أن تتمكّن المؤسّسة من الاستفادة من الاكتشافات المحتملة التي لا يمكن التكهّن بها بادىء الأمر وأن تندمج هذه الاكتشافات دون صعوبة ضمن نشاطاتها الراهنة. إذن المؤسّسة المتنوّعة ذات القاعدة التكنولوجية الواسعة هي المدعوّة أكثر من غيرها للمباشرة بالبحث النظري لأن بوسعها، أكثر من غيرها، أن تجني ثماره.

بالنسبة لأفول المقاول ـ المجدّد الفردي، الذي حدس به شومبتر، فقد لا يعني ضعف القدرة على التجديد في النظام الاقتصادي، ولكن انتقال مراكز التطوّر التقني نحو المؤسّسات الكبيرة والمختبرات غير المغرضة التابعة للحكومات والجامعات. إنّ تركّز المؤسّسات وتنوّعها المتزايد هو في الوقت نفسه سبب لهذا ونتيجة. كذلك قد نتساءل ما إذا لم يكن ابتكار الأشياء التقنية الجديدة يعتمد أكثر فأكثر على المعرفة العلمية وبالتالي يعطي فرصاً أقلّ للمكتشف الفردي ذي الجدارات المحدودة بالضرورة والذي لا يستطيع الاستعانة إلاّ بوسائل الاختبار التجريبية.

تقودنا هذه الصفات الجديدة للتجديد إلى التساؤل حول عملية الاقتسام التي تجري ما بين المراكز الخاصّة (المؤسّسات) والمراكز العامّة (الحكومة والجامعات). هنا تلعب أشكال السوق دوراً مهمّاً؛ في المجالات حيث توجد شركات كبيرة وحيث تغلب بنيات

احتكار الأقلّية، تأمل المؤسّسات أن تحصل على ربح كبير ومستمرّ من المنتوجات والطرق الجديدة وأن تحتفظ لنفسها بحصّة كبيرة من المنفعة العائدة على المجتمع بحكم التجديد. إذا كانت الطريقة تسمح بتخفيض سعر التكلفة مثلاً، فإنّ الشركة لا تمرّر التخفيض برمّته إلى المستهلكين، بشكل تخفيض في سعر المبيع، بصورة أساسية بسبب تصلّب نظام الأسعار في السوق المركّز. إذاً ما ستحاوله الشركات هو تطوير أبحاثها حتّى الوصول إلى مستوى البحث النظري الذي عرفت كيف تتحكّم بآثاره الخارجية.

أمّا في الأسواق التنافسية فالربح الأكبر من وراء تجديد معيّن يمرّ إلى الجمهور تحت شكل زيادة في الكمّيات وتخفيض في الأسعار. الربح الخاص بكلّ شركة هو ضئيل جدّاً بالنسبة للربح الاجتماعي. التحكّم بالآثار الخارجية هو شبه مستحيل كما أنّ الدفع نحو البحث، خاصّة في شكله النظري، هو ضعيف على مستوى الشركات. عندئذ يصبح دور المراكز العامّة أو الجامعية أساسياً.

كلّ تجديد يخضع لحركيته الخاصّة، وهي تتوقّف على وضع المعارف، وتطوّر الطلب، وأشكال السوق، وبشكل عشوائي أكثر على القرارات الفردية الصادرة عن الباحثين ورؤساء المؤسّسات. إلاّ أنّنا قد نتساءل ما إذا كانت التجديدات تتجمّع مع الوقت. لقد وضع شومبتر فرضية عناقيد التجديدات التي تميّز فترات التحوّلات في النظام الاقتصادي. لكن هذه الفكرة التي يؤيّدها بالعديد من الأمثلة تبقى، على المستوى المفهومي، غير متّصلة كما يجب بباقي نظريته التي تركّز بالعكس على المظهر الفردي والوحيد لكلّ تطوّر. مع هذا يستند وجود عناقيد التجديدات إلى سلسلة كاملة من الحجج.

أ) بعض التجديدات التي يمكن وصفها بالكبرى هي جديرة بالعديد من التطبيقات في مختلف الفروع الصناعية. هذه هي مثلاً حالة التجديدات التي تتعلّق بإنتاج الطاقة، حيث كلّ استعمال يتطلّب تكييفاً مهمّاً غالباً. بالنسبة لمكنة البخار، امتدّت التطبيقات على مدى أكثر من قرن، بينما جرت الأمور بالنسبة للمحرّك الانفجاري بشكل أسرع بكثير وبدا العنقود متراصّاً أكثر.

ب) تقترب من الحالة السابقة الاكتشافات التي تفتح حقلاً من البحث غير محدود. يتعلّق هذا مثلاً بطرق من نوع تكثيف الجزيئيات.

ج) نادراً ما تكون التجديدات كاملة من الوهلة الأولى، ويستلزم التقويم استحداثات عديدة، تبعاً للسياق المتواصل الذي سبق أن وضعناه. التجديد هو بحدّ ذاته عنقود أكثر منه عمل فريد يمكن عزله.

د) في حال المنتوجات المنبثقة عن اجتماع العديد من المركّبات، غالباً ما يكون

عدد كبير من التجديدات ضرورياً لسير المنتوج. السيّارة والطائرة تقدّمان بهذا الصدد أفضل الأمثلة.

هـ) بشكل عام أكثر هناك الكثير من المنتوجات يستلزم تعاون تكنولوجيات عديدة ونشاطات عديدة إمّا على التوالي (مراحل وضع السلعة) إمّا بصورة متزامنة. هذه التكنولوجيات وهذه النشاطات يجب أن تكون متكيّفة في ما بينها نوعياً وكمّياً. كلّ تقدّم في أحد الفروع يخلق طلباً في الفروع المكمّلة ويتحرّك كمحرّض على التجديد. المثل الأكثر نموذجية وأكثر كلاسيكية نجده في التطوّرات المتناوبة للغزل والنسيج في إنكلترا القرن الثامن عشر، حيث كلّ اختراع كان يؤدّي إلى ظاهرة من الكفاءة الفائضة في الفرع الذي كان يحدث فيه وعدم كفاية في الفرع الآخر. في بعض الحالات، هذا التجديد الممكن تقنياً لا يصبح ممكناً اقتصادياً إلا إذا تمّت خطوة إلى الأمام في فرع آخر (فولاذ الأكسيجين الذي كان يتوقّف على التطوّر في مجال تسييل الغاز).

و) أخيراً، في فرع متسارع النمو يبدو التشجيع على التجديد كبيراً؛ فالاستفادة المهمّة تسمح بظهور الوسائل المالية الضرورية؛ ميزانيات الأبحاث تقتدي غالباً بمجموعات مبيعات الشركات، متزايدة أو متناقصة على إيقاعها؛ في سوق في طور التزايد تفكّر الشركات بشكل خاص بغزو قطاعات جديدة وتعدّل في منتوجاتها كي تتكيّف مع هذه القطاعات.

نادراً ما يكون فعل التجديد فعلاً وحيداً، يتمّ دفعة واحدة وينتشر في ما بعد كما هو في باقي الاقتصاد. إنّ المنتوج أو الطريقة الجديدة يتغيّران بثبات على مدى انتشارهما في النظام. ولا يمكن الفصل بحزم بين الولادة والانتشار، مع أنّ هذا الأخير يتمتّع بصفات خاصّة يجدر بنا الآن أن نتفحّصها.

نشر التغيير التقني

إنّ أوّل مؤسّسة تطبّق تجديداً معيّناً تحاول أن تبقيه لنفسها وتحتفظ بامتيازه أطول مدّة ممكنة. لكن هذا ليس دائماً بالسهل.

إذا كان بوسع التجديد أن يحصل على براءة فهذا يؤمّن له حماية أكيدة، لكن البراءات محدّدة جدّاً أو من السهل برمها عير طرق قريبة ولكن مختلفة.

في سوق تنافسي حيث الشركات صغيرة، لا يمكن دعم النشر بصورة أبدية، ممّا لا يعني أبداً أنّه سريع بديهياً.

أخيراً، في حالة التجديدات التي تلد خارج الشركات، أي في أجهزة البحث العامّة،

النشر السريع هو الحالة الأكثر تكرّراً ويصطدم بتحفّظ الشركات أكثر منه بأيّ شيء آخر. المؤسّسة أو المؤسّسات الأولى التي تطبّقه هي عبارة عن مؤسّسات مجرّبة وليس مخترعة.

يتركّز مفعول النشر على الحدّ من الأرباح المستقاة من التجديد، على الأقلّ بالنسبة لكلّ شركة على حدى، وعلى إعادتها إلى المعيار الطبيعي، أي إلى مستوى الربح المناسب. إلاّ أنّ العملية قد تتباطأ وتقف مؤقتاً بسبب تجديدات مكمّلة، مع هذا من المستحسن أن نوضّح هذا التأكيد كي نأخذ بعين الاعتبار بعض الفرضيات.

إذا انتشر التجديد داخل مجموعة من الشركات الكبيرة في وضع احتكار الأقلّية، فإنّها تتوصّل بالرغم من وجود التنافس بينها إلى تثبيت أرباحها بشكل عام عبر التأثير باعتدال على السعر. هنا نحن بصدد اقتسام للمكاسب أكثر منه تخفيض كلّي لها. من جهة أخرى تحاول كلّ من الشركات أن تنعزل عن الأخرى وتطوّر، عندما يكون الأمر ممكناً، ناحية معيّنة أو استعمالاً معيّناً للتجديد ممّا يؤدّي إلى سلسلة من الأسواق الاحتكارية.

إذا كان التجديد يتعلّق بطرق الإنتاج وينزع إلى تخفيض تكاليف هذا الإنتاج عبر انتشاره، فإنّه لا يفقد هذه الميزة، ولا تتأثّر المنفعية إلاّ عندما يؤدّي الانتشار إلى تطوّر مهمّ في الإنتاج أو بالعكس، إلى تخفيض من العوامل الضرورية. المردودية المتناقصة هي نوعاً ما وقف على المنتوجات الجديدة التي يعني انتشارها تزايداً في العرض. أخيراً يجب أن نأخذ بعين الاعتبار التطوّر المقارن للإنتاج وللطلب؛ غالباً ما يؤدّي المنتوج الجديد إلى تزايد كبير في الطلب الذي يعوّض، ويفيض، عن تزايدات الإنتاج. أمّا النقصان في المكسب فلا يبرز إلاّ متى يقترب السوق من نقطة التشبّع.

يمكن لنا النظر في مسألة الإنتشار على ثلاثة مستويات مختلفة:

أ) داخل فرع معيّن. هنا تكمن المشكلة الحقيقية في إيقاع انتشار التجديد.

ب) بين الفروع.

أوّلاً يتعلّق الأمر بانتقال التجديد من فرع إلى آخر، مع احتمال إجراء التعديلات اللازمة لإستعماله في مجال آخر. ثانياً يستدعي التجديد في فرع معيّن تجديدات أخرى مكمّلة، وهذه مسألة تطرّقنا إليها بمعرض حديثنا عن عناقيد التجديدات، ولكن يتعيّن تحديد إوالياتها.

ج) أخيراً، إنّ تجديداً يحدث في بلد أو في منطقة معيّنة قد ينتشر إلى أماكن أخرى. وهنا تنطرح مسألتان: مسألة تأقلم التطوّر التقني مع بيئة مختلفة ومسألة قدرة استيعاب البلدان له.

تؤدّي دراسة نشر التجديدات الخاصّة إلى ثلاث نتائج رئيسية تبدو الثالثة فيها عرضة للشكّ أكثر من النتيجتين الأوليين:

أ) يبدو أنّ انتشار مختلف التجديدات يخضع لصورة مشتركة بينها يمكن تسويتها على مدى دالّة من النوع السيني أصدق نموذج عليها هو الدالّة اللوجستية. يبدأ الانتشار بطيئاً حيث يعتمد التجديد عدد من الشركات الرائدة، وهي التي يتكيّف معها التجديد على أفضل وجه ضمن شكله الأوّل. ثمّ ينزع إلى الانتشار بصورة أسرع فأسرع؛ وانطلاقاً من نقطة انعطاف نرى الانتشار يتباطأ ويميل نحو حدّ قد يكون 100% من شركات الفرع، في أفضل الأحوال. لا شكّ في أنّ هذه الدالّة تمتّ بصلة قرابة إلى الدالة التي تمثّل انتشار المنتوج بين المستهلكين. يمكننا الاعتبار أنّ معدّل التقليد ينزع في مرحلة أولى إلى التسارع تبعاً للانشاءات التي تُقام والتي تسهّل الانتشار، بحكم الأمثلة التي تقدّمها، لدى الشركات الجديدة.

في مرحلة ثانية ندخل ضمن حيّز تتناقص فيه قابلية الشركات لاستقبال التجديد وكذلك ربحها منه، وهذا ما ينتج عنه بطء في العملية التي تنزع إلى التوقّف عندما يميل عدد الشركات التي تستطيع اعتماده نحو الصفر. كما أنّه من المحتمل أن يبقى في الفرع مؤسّسات لم يطلها التجديد ولا يمثّل بالنسبة لها أي أهمية.

ب) رغم وجود هذا المخطّط المشترك، فإنّ سرعة عملية الانتشار الكلّية هي متغيّرة بما فيه الكفاية، تبعاً للفروع وحتّى تبعاً لطبيعة التجديدات.

إنّ ما نحاول تقديمه هنا هو مجرّد عناصر تفسيرية لأنّ الكثير من عمليّات الانتشار الملموسة أفلتت من المشاهدة ولم تكن موضوع أيّ من الدراسات.

يكون الانتشار سريعاً بقدر ما يكون مدى الربح من التجديد أكبر بالنسبة لما كان يوجد قبله، وبقدر ما يكون عدد الشركات التي قد يطالها التجديد أصغر وبقدر ما تكون هي كبيرة ومهمّة. الانتشار أسرع في البيئة الاحتكارية أكثر منه في البيئة التنافسية، ممّا يحدّ نوعاً ما من مزايا الشركة الكبيرة التي سبق أن أدرجناها.

كذلك تتوقّف هذه السرعة على حجم النفقات الأولى التي يستلزمها التجديد. من جهة أخرى يجب أن نأخذ بعين الاعتبار رأس المال الذي يجب استبداله. هناك الكثير من التجديدات، خاصّة على صعيد الطرق، التي لا تعتمد في شركة من الشركات إلاّ متى يُستعمل التجهيز القديم تماماً أو على الأقلّ يُستهلك مالياً. كلّما كان هذا التجهيز متيناً تأخّر الانتشار. أخيراً إذا كان التجديد لا ينتشر في الشركات الموجودة وحسب، بل يؤدّي إلى

تأسيس شركات جديدة، يتسارع التعميم لأنّ هذه الشركات الجديدة تتجهّز دفعة واحدة بالطريقة الجديدة.

ج) النتيجة الثالثة هي كما قلنا أقلّ يقيناً. إنّ مدّة دخول التجديدات قد تميل إلى القصر كلّما اقتربنا من الفترة الحالية. هنا نجد أنفسنا بصدد فرضية تستحقّ الاختبار بكثير من الدقّة.

قد تكون الأسباب عائدة إلى انعزال جغرافي أقلّ للشركات في ما بينها، إلى بثّ المعلومة التقنية بصورة أفضل وأسرع وربّما إلى موقف ملائم أكثر حيال التطوّر التقني.

ما يزال نشر التطوّر التقني بين الفروع ظاهرة غير معروفة تماماً؛ إلى الآن جرى درس العلاقات بين الفروع بشكل خاص من الزاوية الكمّية (مصفوفة الإدخال ـ الإخراج) وقليلاً جدّاً من الناحية النوعية. إلاّ أنّه لا شكّ في أنّ آثار التكاملية الناتجة عن الأولى توجد كذلك في ما يتعلّق بالثانية.

الحالة الأولى والأبسط تقوم على استعمال نفس الطريقة من قبل فروع مختلفة ولا تقيم بالضرورة في ما بينها علاقات كبيرة؛ فقط لديها مشاكل متشابهة بالإمكان حلّها بنفس الطريقة. أفضل نموذج عن طريقة التعميم هذه هو التجديدات الحاصلة في مجال الطاقة. كما نجد نفس الظاهرة في حالات أقلّ وضوحاً ولكن جديرة بالملاحظة. هناك الكثير من الطرق والمركّبات التي استعملتها في وقت واحد الملاحة الجوّية والسيّارات، حيث كان الفرع الأوّل بشكل عام مجدّداً أكثر رغم أنّه الأحدث نوعاً ما. هذا النوع من الانتشار لا يصطدم بنفس العقبات التي يصادفها الانتشار داخل فرع معيّن، لأنّ البراءات لا تسمح بنفس النوع من الحماية. بالمقابل نادراً ما يمكن اعتماد التجديد كما هو، فهو يستلزم تكيّفاً عميقاً. في صناعة الطيران فإنّ الاعتبارات الضعيفة للكلفة (الأجهزة العسكرية) وأهمّية العتاد (الأجهزة المدنية) تبرّر استعمال الطرق المكلفة. لا يمكن أن يسير الأمر على نفس هذا النحو بالنسبة لصناعة السيارات حيث البحث عن تخفيض الكلفة هو شيء أساسي. هكذا فإنّ تجديداً في وضع سليم تقنياً قد لا يمكن اعتماده اقتصادياً. وقد ينتج عن هذا النشر الجانبي منتوجات جديدة تختلف عن التجديد الأساسي، في حال قام أحد الفروع بتركيب هذا الأخير مع منتوجاته الخاصّة. إنّ الآلة ـ الأداة التي تُدار عددياً هي وليدة اتّصال للآلة ـ الأداة التقليدية مع طرق معلوماتية.

كذلك يمكن أن يتمّ بثّ التطوّر التقني عن طريق ظواهر تشجيع معيّنة. هنا لم يعد الأمر يتعلّق بعمليّة نشر بحصر المعنى، لأنّ التجديدات مختلفة؛ مع هذا فهي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بعضها ببعض إلى درجة يمكن التكلّم معها عن التجديدات المحثّة والتجديدات

المحثّة. وتسير هذه الارتباطات على إيقاع العلاقات الكمّية بين الفروع، وهكذا يتّبع التطوّر التقني تبادلات السلع. هذا التأثير قد يحدث إمّا نحو الأعلى لدى المتعهّدين الذين يتعيّن عليهم أن يتكيّفوا مع المتطلّبات الجديدة للفرع المجدِّد امّا نحو الأسفل مجبراً الزبائن على استعمال منتوج جديد.

حتى أنّه في بعض الحالات يشارك المجدّد الأساسي بتقويم التجديدات المكمّلة.

من جهة أخرى كلّما كانت إحدى الصناعات تقيم علاقات عديدة مع صناعات أخرى، كلّما كانت قدرتها على الحثّ أكبر. يمكننا ضمن نفس سياق الأفكار أن نقدّر أنّه كلّما كان اقتصاد بلد معيّن «مكتملاً»، أي كلّما كان يتمثّل فيه عدد كبير من الفروع المختلفة، كلّما كانت الأفعال الكلّية للحثّ أقوى والميل إلى التطوّر التقني أكبر. لا شكّ في أنّه يكمن هنا أحد الأسباب التي تجعل من الأنظمة الاقتصادية الغربية المتطوّرة أنظمة محِثّة بصورة مميّزة، وفي المرتبة الأولى الولايات المتّحدة التي تملك الاقتصاد الأكثر اكتمالاً.

هذه النقطة الأخيرة تسمح بفهم بعض المسائل التي يطرحها نشر التطوّر التقني بين الأمم. وليس بوسعنا أن نطيل الشرح هنا لأنّ الأمر يتعلّق أكثر بمسألة تتناول المستوى العام للتقدّم لا يمكن فصلها عنه.

هناك عقبتان أساسيتان قد ترتفعان أمام عمليّة النشر هذه: عدم الاستفادة الاقتصادية من التجديد في منطقة معيّنة وهو ظاهرة سوق، عدم القدرة البشرية على استعماله وهو ظاهرة تأهيل. بعض التجديدات لا يمكن نقلها كما هي؛ حيث إنّها وُضعت من أجل ظروف طبيعية معيّنة وقد تكون غير مفيدة، أو حتّى مضرّة، في مكان آخر. هكذا مثلاً التطوّرات الزراعية في المناطق المعتدلة هي خطرة في البلدان المدارية.

أمّا حجم الأسواق فيلعب دوراً لا يُستهان به حتّى بين الدول ذات الشروط الطبيعية المتقاربة. لقد ساعد مثلاً حجم السوق الأمريكي والمداخيل العالية التي تسيطر عليه على تفتّح وتقدّم التجديدات، لاسيّما تلك التي تؤدّي إلى إنتاج بالجملة ووفورات في المقياس. أمّا انتشارها في أوروبا فقد تأخّر بعض الشيء، بسبب الحروب دون شكّ ولكن خاصّة بسبب ضيق الأسواق الوطنية الذي كان يجعل من بعض المنتوجات أو بعض الطرق غير اقتصادية.

العقبات البشرية تؤثّر خاصّة في البلدان النامية، مع أنّ ضيق الأسواق يلعب أيضاً دوراً لا يُستهان به. فهناك تجديدات لا تدخل إلى هذه البلدان أو تفشل بسبب عدم هضم الشعب لها. وهذا قد يؤدّي إلى أوضاع متناقضة: فبسبب عدم كفاية اليد العاملة الكفوءة، تُستعمل

أكثر الطرق تطوّراً وآلية وتبقى معزولة في الاقتصاد دون أن تتمكّن من الانتشار أو التحريض.

التغيير التقني والتركيبة الإنتاجية

لقد حدّدنا في البداية التغيّر التقني كتعديل على درجات متفاوتة من العمق في التركيبات الإنتاجية ومرور من دالّة إنتاج إلى أخرى. من أكثر المسائل عرضة للنقاش مسألة لم تحلّ إلى اليوم هي معرفة ما إذا كانت هذه التحوّلات تأخذ اتّجاهاً إن لم يكن دائماً فعلى الأقل عامّاً، ما إذا كان يوجد، كما يقول علماء الاقتصاد، «انحراف» ما في التطوّر التقني. المشكلة هي في أن نقرّر بأبسط طريقة ممكنة ما إذا كان هذا الانحراف يتمّ لصالح تركيبات أكثر رأسمالية أو العكس.

لا شكّ في أنّ ماركس Marx كان يتبنّى الموقف الأوّل لأنّه يرى أنّ التكوين العضوي لرأس المال كان يتنقّل نحو استخدام متزايد لرأس المال الثابت (أو فقط رأس المال كما نقول اليوم). مذ ذاك عمد عدد كبير من علماء الاقتصاد إلى دعم الفكرة نفسها. أمّا تجنّب تزايد في البطالة وابتكار جيش صناعي احتياطي، كما في النموذج الماركسي، قد ينتجان عن هذا التطوّر، فكان يتوقّف على مدى النموّ للتعويض عن «الانحراف» لصالح رأس المال.

لقد وضعت المفاهيم من أجل أخذ طبيعة التغيّرات التقنية بهذا الصدد بعين الاعتبار. نميّز التجديدات بشكل عام باستعمالنا الألفاظ الأنكلوسكسونية التي فرضت نفسها، فهناك التجديدات Labour Saving (توفير العمل). Capital Saving (توفير رأس المال) و neutres (المحايدة).مع هذا فإنّ تعريفات هذه الألفاظ الثلاث ليست واضحة تماماً، ولا مشتركة بين جميع المؤلّفين. إلاّ أنّ اثنين منها فرضتا نفسهما دون أن تكونا للأسف متوافقتين تماماً.

يعرّف هيكس Hicks التجديد الموفّر للعمل .L.S كالتجديد الذي يرفع، بالنسبة لتركيبة إنتاجية معيّنة، أي خارج قسمة معيّن رأسمال/عمل، من إنتاجية رأس المال الهامشية أكثر من إنتاجية العمل. ونشير إلى أنّ إنتاجية العمل الهامشية قد لا تبقى بالضرورة مستقرّة ومن باب أولى لا تتناقص؛ يكفي فقط أن تتزايد بشكل أقلّ من رأس المال. التجديد الموفّر لرأس المال .C.S هو العكس تماماً بينما التجديد المحايد يرفع بنفس النسب من الإنتاجيتين الهامشيتين. التعريف الثاني، وقد وضعه هارود Harrod، هو أكثر تعقيداً وأقلّ طاعة للمعالجة إنّ التجديد المحايد يحافظ على ثبات مُعامِل رأس المال (أي خارج القسمة رأسمال/ منتوج)، في حال يبقى معدّل الفائدة ثابتاً، أمّا التجديد الموفّر للعمل فيرفع هذا المعامل والتجديد الموفّر لرأس المال يخفّضه. والعائق الذي يقف أمام هذا التعريف أنّ التجديد يجد

صعوبة في رفع معامِل رأس المال، إلاّ في حال تخفيض إنتاجية الهامشية.

للأسف ليس من السهل أن نحدّد تأثيرات التجديد على استخدام العوامل، إلاّ أنّنا قد نراها بتسليمنا بتعريف هيكس. من الواضح أنّ تجديداً معيناً يعدّل في نسبة الإنتاجيات الهامشية للعوامل ولكن قد يؤثّر أيضاً على نسبة الأسعار وحتّى على نسبة المنتوجات المصنوعة بواسطة تركيبات مختلفة من العوامل. لا شكّ في أنّ تجديداً .L.S يدفع، إذا بقيت نسبة أسعار العوامل ثابتة، إلى تركيبات أكثر رأسمالية كي يُعيد التساوي بين الإنتاجيات الهامشية الموازنة بالأسعار. ولكن إذا كانت أسعار العوامل قابلة للتغيّر والتركيبات الإنتاجية عاجزة عن أن تتعدّل على الفور، فإنّ سعر العمل ينخفض بالنسبة لسعر رأس المال (ضمن الفرضية التنافسية حيث تتقيّد أسعار العوامل بإنتاجياتها الهامشية). هذا ما يدفع بالعكس إلى استخدام متزايد للعمل. من جهة أخرى إذا كان التجديد الموفّر للعمل يؤدّي إلى هبوط في السعر النسبي للعمل، فهو يلائم السلع التي تستخدم عملاً كثيراً في تركيبتها الإنتاجية؛ وإذا كان يؤدّي إلى تعديل في التركيبة الإنتاجية بمعنى أكثر رأسمالية، يزيد الشعور بهذا التحسين التقني كلّما استهلكت السلع عملاً أكثر لوضعها والأثر يكون نفسه. إذن يميل السعر النسبي للسلع التي تستخدم الكثير من العمل إلى الهبوط ممّا يؤدّي إلى زيادة الطلب. عندئذ يتوقّف مجهود التوفير الكلّي على المرونات المقارنة طلب سعر بالنسبة لمختلف أنواع السلع. ويُعتبر غالباً أنّ أقواها تتعلّق بالمنتوجات التي تستخدم الكثير من رأس المال؛ لكن الأمر غير أكيد ونلمس حالياً ارتفاعاً في مرونة طلب الخدمات التي تستخدم عملاً بشكل خاص. إذن ينتج عن تطبيق تجديد .L.S في هذا الميدان، وتناقضاً، ارتفاع كبير في الطلب وتزايد في الاستخدام.

أخيراً نجد أنفسنا أمام شكّ مزدوج؛ يتناول من جهة الأثر الكلّي لتجديد معيّن في النظام الاقتصادي القائم ولكن يطال من جهة أخرى وخاصّة الأهميّة المقارنة لمختلف أنواع التجديدات على مدى التقدّم الاقتصادي.

لطالما بقي الانحراف .L.S يُعتبر الانحراف الأكثر طبيعية، وقد أكّد عليه هيكس، بعد ماركس، دون أن يقدّم البراهين المقنعة فعلاً.

إلاّ أنّ هناك حججاً جيّدة بهذا الشأن، أهمّها ندرة العمل النسبية تجاه الموارد الطبيعية على الأقلّ في مناطق مثل أمريكا الشمالية. وقد جُهد في توفيره نظراً لارتفاع كلفته، ومن هنا نمت حركة تراكمية. إنّ تراكم رأس المال يميل إلى رفع متوسّط إنتاجيّة العاملين ويخلق رواتب جيّدة، وتستمرّ كلفة العمل المتزايدة بدعم الانحراف .L.S.

الحجة الثانية، وهي على مستوى عام أكثر، تقول أنّ الإنسان حاول دوماً، منذ

الحضارات الحجرية Peebles cultures، أن يجمّع حوله وسائل اصطناعية تساعده على تخفيف أعبائه. «تحويل الإنتاج» هو علامة العبقرية البشرية وإطالة التحويل إشارة إلى التطوّر. هكذا نرى انحراف توفير العمل (L.S) قد اندمج بشدّة في ذهنية البشر.

مع هذا ظهرت بعض الشكوك وتساءل العديد من المؤلّفين ما إذا كانت التجديدات C.د. قد لعبت هي الأخرى دوراً مهمّاً. وهم يزعمون أنّ هذه الأخيرة هي أقلّ وضوحاً من التجديدات .L.S، حيث تأخذ شكل تطوّرات للتنظيم ووفورات في استعمال رأس المال، أكثر منه ابتكار مجموعات صناعية. من ناحية أخرى توجد نتائج معوِّضة، فكلّ «انحراف» يمكن تصحيحه لأنّه يخلق نواقص جديدة تتكيّف معها المؤسّسات بواسطة تجديدات في الاتّجاه المعاكس، مع حاصلة تقترب أكثر من المحايدة.

لكنّ الشكوك الأساسية ظهرت عبر تفحّص تطوّر مُعامِل رأس المال. حيث يبدو أنّ هذا المعامل بقي مستقرّاً نسبياً لا بل أظهر بعض الميل نحو الهبوط منذ عشرينيات القرن العشرين. وهذا ما يدلّنا على أنّ التطوّر التقني كان محايداً أو حتّى .C.S حسب معنى هارود. ولكن يجب أخذ الحذر حول هذه النقطة.

إنّ معرفتنا بمُعامِل رأس المال ليست كما ينبغي والتقديرات التي جرت بشأنه (دومار Domar، غولد سميث Goldsmith، كوزنيتس Kuznets) هي متباعدة جدّاً. ثمّ أنّ حجم الحركة ككلّ هو أقلّ بكثير من الاختلافات الموجودة بينها. زيادة على هذا ليس هناك من معنى كبير لتقدير معامل رأس المال بشكل إجمالي، فهو عبارة عن متوسّط بين مُعامِلات الفروع التي تتغيّر بنسب عالية. ومع الوقت تعدّلت أهمّية الفروع النسبية، بشكل أساسي تحت تأثير التطوّر المستقلّ للطلب، كما تسمح لنا فرضية بسيطة بأن نلمس عدم التيقّن من استنتاج ينطلق من معامل رأس المال. إذا كان الطلب يتوجّه بصورة رئيسية نحو سلع قلّما تكون طريقة إنتاجها رأسمالية (الخدمات مثلاً)، فإنّ التجديدات في هذا القطاع وفي القطاعات الأخرى كانت .L.S بينما معامل رأس المال الكلّي انخفض وتميّز متوسّط التركيبة الإنتاجية بازدياد نسبي في استخدام العمل.

التغيير التقني والتطوّر الإقتصادي

إنّ التغيير التقني هو بجوهره مفهوم ديناميكي، إذ لا يمكن للنظام الاقتصادي الذي يظهر فيه أن يبقى مستقرّاً. لذا نميل إلى تفسير التغيّرات الكمّية والنوعية الحاصلة في النظام عن طريق هذه الوسيلة وإلى جعل التطوّر التقني أحد العوامل، إن لم يكن العامل الأساسي،

في تطوّر النشاط الاقتصادي. وهو قد يلعب على مستويين؛ من جهة كعنصر عدم استقرار، كي يلفت إلى توالي الاختلالات ذات الاتّجاه المعاكس التي تظهر في الاقتصاد، والتي تُعرف باسم دورات، ومن جهة أخرى كعامل تطوّر على المدى البعيد. نشير إلى أنّ هذين الدورين لا ينفصلان عن بعضهما في الواقع؛ نفس التطوّرات هي التي تخلّ مؤقّتاً بالاقتصاد وتقدّم ما يغذي نموّه.

على المدى القصير يظهر التطوّر التقني كعامل عدم استقرار. لقد أشار شومبتر Schumpeter إلى هذه الميزة بشكل خاص وجعل منها السبب الحقيقي الكامن خلف تقلّبات النشاط الاقتصادي. وتفسيره سهل وذكي للغاية. عادة ما يرافق التجديد ظهور العديد من الظواهر: نمو في آمال الربح، وبالنسبة للشركة المجدّدة، يدفعها إلى تطوير وتوسيع نشاطاتها. ولكنّها من أجل هذا تحتاج إلى رؤوس الأموال التي لا يمكن أن تجدها لديها، فتلجأ إذن إلى نظام الاعتماد، مستبقة بهذا أرباحها. ويؤدّي تطوّر الاعتماد بدوره إلى ظاهرة التوفير الجبري. في الواقع تزايد وسائل التسديد، الذي يسبق تزايد الإنتاج، يثير ارتفاعاً في الأسعار. عندئذ ينخفض طلب المراكز (الخاصّة والمؤسّسات) المختلفة عن المركز المجدِّد وتتّجه العوامل نحو هذا الأخير، سامحة له بهذا أن يحقّق استثماراته. ويزيد إرتفاع الأسعار من تطلّعات الربح من جديد ويدفع نحو استثمارات جديدة. طالما يبقى التجديد حكراً على الشركة المجدّدة أو على عدد صغير، فإنّ الأرباح المحقّقة تطابق الآمال المعقودة، فينتج عن هذا صيانة حركة الانطلاق. ولكن لا بدّ من أن يأتي وقت ينتشر فيه التجديد ويتعمّم، عندئذ تبدأ أرباح الشركات بالتناقص. بحد ذاتها ليست عملية التطوّر هذه خطيرة بشيء وقد تظهر طبقة نشاط جديدة وتبقى على مستوى عال من التقنية. إلاّ أنّه قد تحدث ظواهر ثانوية أخرى، فمثلاً إن لم تتحقّق الأرباح المنتظرة، يضعف عزم المقاولين، ويتلقّى دائنوهم (المصارف أو المساهمون) أجوراً أقلّ من السابقة، وتضعف الثقة (احتمال حدوث أزمة في البورصة إذا أثارت تطلّعات الربح السابقة حركة مضاربة)؛ هنا يصبح ردّ القروض أكثر صعوبة. الأزمة التي تحدث تعود بصورة خاصّة إلى عوامل نفسية (استباق لم يتحقّق). وقد أمكن تسمية الدورة الشومبترية بحقّ الدورة التقنية ـ النفسية، حيث التطوّر التقني يأخذ بالحسبان الانطلاقة، والفتور الناتج عن الأزمة والانحطاط.

إلاّ أنّ هذه الصورة الجذّابة تتضمّن بعض نقاط الضعف. إذ إنّ أيّ تجديد كان، ما لم يؤدّ إلى حاجات استثمار كبيرة، كما كان الحال مع سكك الحديد، لا يظهر بحدّ ذاته بالقدرة الكافية على إثارة حركة اقتصادية جمعية (ماكرو اقتصادية) بهذا الحجم الكبير. لهذا السبب أدرج شومبتر فكرة عناقيد التجديدات. ولكن هناك أمراً أكثر فداحة: إنّ الدورة

الاقتصادية تمثّل انتظاماً معيّناً (عشر سنوات بالنسبة لدورة جوغلار Juglar). وهذه الدورة ليست واضحة أبداً في ما يتعلّق بتدفّق التجديدات ذات الطابع الفردي الأساسي. لهذا نجد تفسير الدورة مبعداً بكلّ بساطة: لماذا تكون حركة التجديدات دورية؟

أكثر أيضاً من دورة جوغلار ذات النظرية التي لم تعد رائجة اليوم، يبدو التطوّر التقني كتفسير لحركات أوسع وأطول تؤثّر في الاقتصاد ونعرفها بشكل عام تحت اسم دورات كوندراتييف Kondratiev. والأمر عبارة عن حركات نصف قرنية (25 سنة انطلاق و 25 سنة انحطاط) تطال في الوقت ذاته الكمّيات والقيم (الأسعار). لكن تجدر الإشارة إلى أنّه بالنسبة للكمّيات يُظهر التطوّر تناوباً في الانطلاقات السريعة والتقدّمات البطيئة (ليس هناك من هبوط طويل الأمد) في حين أنّه بالنسبة للأسعار، تتتابع الارتفاعات والانخفاضات. التواريخ التقريبية لمنعطفات دورات كوندراتييف هي تقريباً التالية: 17 ? (قعر) ـ 1815 (قمّة) إنطلاق ـ 1815 (قمّة) ـ 1848-1850 (قعر) انحطاط ـ 1848-1850 (قعر) 1878 (قمّة) إنطلاق ـ 1879 (قمّة) 1896 (قعر) انحطاط. (نادراً ما كانت التغيّرات مفاجئة، باستثناء سنة 1873 حيث نجد تطابقاً مع أزمة جوغلار كبرى). انطلاقاً من عام 1914 تلاشت الحركة بدرجة كبيرة بسبب التضخّم والاضطرابات المالية. مع هذا سجّل شومبتر التاريخين 1920-1921 (قمّة) و 1939 (قعر). وقد تميّزت كلّ فترة فترات الانطلاق ببعض التجديدات كبيرة الأهمّية تطلّبت إستثمارات عظيمة وبصورة خاصّة عدّلت في عمق عمل الأنظمة الاقتصادية:

17 ? - 1815 مكنة البخار ـ صناعة النسيج؛

1850-1873 ـ سكّة الحديد ـ الملاحة البخارية ـ الصناعة الحديدية؛

1896-1920 ـ المحرّك الانفجاري ـ الكهرباء ـ الكيمياء.

إذا كان هذا التفسير يبدو مطابقاً لفكرة شومبتر، فهو مع هذا يختلف معها حول نقطة أساسية؛ فالتجديد، بصفته التطبيق الأوّل لتطوّر معيّن، يفقد من أهمّيته لأنّه بالنسبة لكلّ من التقنيات المذكورة، تقع التقنية قبل بداية الانطلاق الذي يشهد أهمّية دورها. هنا نقترب من نظرية من النوع أوشر Usher. فبعد سلسلة من المحاولات، لا يبدأ الاستحداث تأثيره في الاقتصاد قبل اللحظة التي يمكن فيها اعتباره، بفضل سلسلة من التجديدات كلّ منها غير حاسم، كأنّه في وضع سليم ومنته.

حالياً كَلَّ الاهتمام بالتقلّبات خفّ بعض الشيء وتوجّه نحو ظاهرة تقدّم الاقتصاد على المدى البعيد، نحو النمو. هنا أيضاً تجدر الإشارة إلى دور شومبتر الرائد، لأنّه خلف الدورات أظهر لنا الإنطلاق على المدى الطويل. والدورات ليست سوى الشكل الذي يأخذه النمو متقدّماً بشكل غير منتظم عبر سلسلة من الاختلالات المتوالية. إذن يتقدّم النظام

الرأسمالي بطريقة غير منتظمة، ولكن عدم الاستقرار هذا هو في النظام ولا يؤثّر على سير عمله الأساسي. إنّ التخفيف من قوّة الدورات (نهائية أو غير نهائية) حوّل الاهتمام صوب هذه الناحية الأخيرة.

إنّ دور التطوّر التقني الذي يبدو أكيداً من الوهلة الأولى ليس من السهل أن نبرزه ونفسّره. لقد توجّهت الأعمال في طريقين: من جهة البحث عن أهمّية كلّ من العوامل التي لعبت دورها في النموّ كمحاولة للوصول إلى تقييم دور التطوّر التقني؛ ومن جهة أخرى بناء نماذج ندرج فيها التطوّر التقني كمحاولة للإحاطة بالطريقة التي يدخل فيها.

في هذه السنوات الأخيرة تكاثرت أبحاث الاقتصاد المتري المعدّة للفصل بين مختلف مركّبات النموّ، ويستحيل علينا هنا أن ندخل في تفاصيل ميتودولوجيا هذه الدراسات المعقّدة، لذا سنأخذ فقط نتائجها بعين الاعتبار. يمكننا بالإجمال اعتبار أنّ النموّ، مصوّراً عبر ازدياد المنتوج، له مصدران أساسيان: من جهة التزايد الكمّي لعوامل الإنتاج (inputs) ومن جهة أخرى إنتاجية هذه العوامل المتصاعدة. هذا العامل الأخير، إن لم يكن مماثلاً تماماً للتطوّر التقني فهو يتوقّف عليه بدرجة كبيرة. ويبدو أن تزايد عوامل الإنتاج ليس كافياً أبداً للإحاطة بتطوّر الإنتاج الكلّي. إنّ الأبحاث القائمة على دالاّت إنتاج كلاسيكية تربط المنتوج باستخدامات العوامل، وتفسح المجال لظهور كمّية غير مفسّرة من قبل هذه الأخيرة سمّيت عن سخرية غير مقصودة بِ «المتبقّي»، بينما هي تشكّل أساس الظاهرة التي يتعيّن تفسيرها. ويقدّر البعض (سولو Solow مثلاً) أنّ «المتبقّي» مسؤول عن 80% على الأقلّ من النموّ في أنظمة الاقتصاد الغربية ولاسيّما في النظام الاقتصادي الأمريكي. في الواقع يبدو أنّ نموّ عوامل الإنتاج بالعمل كان ضعيفاً منذ قرن من الزمن، وإذا أخذنا كمّية العمل بالفرد الواحد، فهو يبدو قد أفل تحت التأثير المزدوج والمتناقض لتزايد مخفّف بشكل عام في الشعب العامل وانخفاض ملحوظ في ساعات العمل اليومية. أمّا نموّ رأس المال، الكبير بالقيمة المطلقة، فلا يفسّر الزيادة الكلّية للمنتوج بالفرد الواحد. كما يمكننا القول أنّه إذا كانت إنتاجية العوامل قد بقيت ثابتة فعندئذٍ لا يجدر بالمنتوج أن يكبر أكثر من نسبة 15%، في حين أنّنا نراه قد تضاعف أربع مرّات (في الولايات المتّحدة) بين العامين 1870 و 1970.

المشكلة هي إذن في معرفة أيّ جزء من تطوّرات الإنتاجية يعود إلى التقنية، وهنا نجد أنفسنا أزاء الصعوبة الكبيرة في معرفة أين يبدأ التطوّر التقني وأين ينتهي وما يجب إلحاقه بهذه الفئة. لقد تمكّنت اليد العاملة من الاستفادة من ثقافة أفضل، من عمليّة التعلّم أثناء الشغل (Learning by doing) التي نتعرّف خلالها على النشاط، على مدى انتشاره في النظام الاقتصادي، بحكم كون الدخول إلى الحياة العملية متأخّراً، فالناضجون ينتجون أكثر من

صغار السنّ، وأخيراً بحكم التطوّرات الطبّية والغذائية وهي إحدى نتائج تطوّر التقنيات.

كذلك فإنّ انتقالات اليد العاملة من نشاط إلى آخر قد أثّرت بدورها على إنتاجيتها، دون أن يجري تعديل في طبيعة هذه النشاطات.

في ما يتعلّق برأس المال من الصعب جدّاً أن نفصل بين تراكمه البحث وتعديلاته النوعية، حيث إنّ كلّ عنصر إضافي من رأس المال يتضمّن بالضرورة تطوّراً تقنياً دون أن يكون شبيهاً تماماً بالوحدات التي تراكمت قبله. حتّى أنّنا نجد التطوّر التقني داخل الموارد المبتكرة وليس في الخارج كعامل إضافي يمكن عزله.

لقد اتّبعت نماذج النمو النظرية سياق التطوّر نفسه، ويمكن توزيعها إلى عدّة أنواع.

I ـ النماذج القائمة على دالّة إنتاج وحيدة، ولكن التي بدلاً من أن تحتوي كعناصر كمّيات عوامل الإنتاج (inputs) فقط، تقبل بعنصر إضافي كي تأخذ التطوّر التقني بعين الاعتبار. إذن يظهر هذا الأخير كأنّه يلعب خارج العوامل نفسها ويُضاف إليها، وهذه طريقة بدائية وبعيدة عن الواقع في وصف التطوّر التقني الملموس.

II ـ النماذج حيث التطوّر التقني ليس عنصراً مضافاً بل يدخل مباشرة ويؤثّر على دالّة الإنتاج نفسها. هنا لم يعد لدينا بحصر المعنى دالّة إنتاج وحيدة، بل سلسلة من دالاّت الإنتاج لمستويات تقنية مختلفة. كلّ دالّة لا تحتوي إلاّ إسهامات العوامل والتطوّر التقني هو القوّة التي تجعلنا نمرّ من دالّة إلى أخرى. كما يمكننا أن نتكلّم عن دالاّت إنتاج متزامنة تنطبق على فترة من الوقت وعلى مستوى تقني واحد وتصف كيف يمكن أن يتطوّر الإنتاج في حال جرى تعديل إسهامات العوامل من الناحية الكمّية فقط. فهو يصبح من النوع: $q = f(C,T)$: رأس المال و T : العمل).

كما نشير إلى الدالّة ثنائية التزامن التي تدرج التطوّر التقني كعامل مرور من دالّة إلى أخرى من النوع:.

$$Q = A(t)\, f(C,T)$$

حيث A (T) هو عامل تراكمي يقيس مفعول تنقّلات الدالّة المتتالية والمضافة.

ولكن ضمن وجهة النظر هذه نرى النشاط الاقتصادي برمّته يتأثّر بالتطوّر التقني. ومن الممكن أن نوضّح أكثر عبر تمييز اتجاهين اثنين يزيدان من واقعية النموذج: تقسيم الاقتصاد إلى قطاعات مختلفة تخضع تماماً لتأثير التطوّر التقني (مثلاً سلع الإنتاج وسلع الاستهلاك)؛ أو إدخال هذا التطوّر في الإسهامات الإضافية للعوامل لاسيّما عامل رأس المال.

بهذه الطريقة ولدت النماذج التي تعرف باسم «نماذج أجيال رأس المال» حيث

رؤوس الأموال المبتكرة في فترات مختلفة تتطابق مع حالات تقنية مختلفة أيضاً. هنا لا يعود رأس المال الكلّي متجانساً بل يتألّف من طبقات متتالية تذهب أقدمها متباعدة شيئاً فشيئاً. يستعمل الأنكلوسكسونيون عبارة مناسبة هي عبارة «التعتيق» (Vintage)، حيث يتمّ نوعاً ما تعتيق رؤوس الأموال مثل أنواع النبيذ الفاخرة. للأسف سرعان ما تصبح هذه النماذج معقّدة كثيراً وأيضاً دون أن تكون قريبة جدّاً من الواقع.

جان باران
Jean PARENT

بيبليوغرافيا

بلوغ Blaug، «A Survey of the Theory of Process Innovation»، ضمن «Economica»، شباط 1963.

دنيسون Dennison، «The Sources of Economic Growth in the U.S and the Alternatives before Us». آلن - أونوين Allen - Unwin، 1962.

غريليتشز Griliches، «Hybrid Corn and the Economics of Innovation»، ضمن «Sciences»، تمّوز 1960.

هيكس Hicks، «The Theory of Wages»، ماكميلان، 1948.

هارود Harrod، «Toward a Dynamic Economics»، ماكميلان، 1948.

مانسفيلد Mansfield، «Technical Change and the Rate of Imitation»، ضمن «Econometrica»، تشرين الأوّل 1961.

مانسفيلد، «The Speed of Response of Firms to new Technics»، ضمن «Quarterly Journal of Economics»، أيّار 1963.

مانسفيلد، «Research, Innovation and Economic Growth»، نورتن Norton، نيويورك، 1966.

سالتر Salter، «Productivity and technical Change»، كامبردج يونيفرسيتي برس، 1960.

شموكلر Schmookler، «Invention and Economic Growth»، كامبردج، ماساتشوستس، 1967.

شومبتر Schumpeter، «Théorie der Wirtschaftlichen Entwicklung»، 1911.

شومبتر، «Capitalisme, socialisme, démocratie»، ترجمة ج. فان G. Fain، منشورات بايوه Payot، باريس، 1951.

شومبتر، «Business Cycles»، جزآن، ماغروهيل، 1939.

سولو Solow، «Technical Change and the Agregate Production Function»، ضمن «مجلّة الإقتصاد والإحصاء»، آب 1957.

سولو، «Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth»، ضمن «American Economic Review»، 1962.

أوشر Usher، «Technical Change and Capital Formation in: Capital Formation and Economic Growth»، الوكالة الوطنية للأبحاث الاقتصادية، 1955.

أوشر، «A History of mecanical Inventions»، منشورات جامعة هارفرد، ماغروهيل، 1954.

الفصل الثاني

الجغرافيا والتقنيات

إنّ كلّ مشهد سكنه الإنسان يحمل آثار تقنياته: منازل، قرى، مدن، طرق مواصلات وحتّى المزروعات البسيطة التي أمكن إقامتها، هي أيضاً، بواسطة الأدوات. هذه المشاهد «تطرح علينا الأسئلة» (ب. غورو P. Gourou). في كتابه الشيّق «Pour une géographie humaine». يظهر لنا هذا العالم الجغرافي مساحة وأهمّية الحقل الذي ينفتح واسعاً أمام فضولنا. لأنّ المشهد ليس سوى نقطة انطلاق. وإذا كانت الأشياء التقنية قد ظهرت على الأرض فلتلبية الحاجات المادّية الأساسية للبشر: الغذاء، المسكن، التنقّل، الأغراض المفيدة. إنّ التحليل الجغرافي يأخذ موضعه في كلّ بحث حول الحضارات.

إلاّ أنّه يجب أن ندرك أنّ علماً جغرافياً حقيقياً للتقنيات ـ جغرافيا تقنية؟ ـ محدّد الموضوع والمنهج بوضوح، ما يزال بعيداً عن التحقّق. وهذا لا يعود إلى نقص في الأبحاث والتطوّرات، فإذا أردنا أن نذكر فقط بعض علماء الجغرافيا الفرنسيين، من الكبار الكلاسيكيين الراحلين إلى العلماء والشباب، نتذكّر ب. فيدال دو لا بلاش P. Vidal de la Blache، م. سور M. Sorre، أ. دومانجون A. Demangeon، ج. غوتمان J. Gottman، ب. غورو، ب. جورج P. George، ج. لاباس J. Labasse، إلخ.، الذين أغنى كلّ منهم بدوره ميدان دراسة يصرّ على البقاء غير واضح تماماً. لقد اصطدموا ونحن نصطدم هنا بعقبة مستقلّة عن الباحثين. التطوّر التقني نفسه هو الذي يقلب الجغرافيا: «العالم أجمعه مرتبط بتعاقب من الثورات» (ب. جورج). من المهمّ أن ندرس هذه الصعوبة قبل المضي إلى أبعد.

الجغرافيا التقليدية

وجغرافيا التطور التقني

كان يبدو أنّ الجغرافيا الكلاسيكية قد وجدت، عند نهاية القرن التاسع عشر، نموذج تحليل هو «أنواع الحياة». هنا يجدر التذكير بموقف فيدال دولا بلاش، دون أن ننسى أنّه اتّخذه في عالم لم يكن بعد قد تأثّر بالصناعية. في نوع الحياة فإنّ التقنيات، المجتمعات

التي تطبّقها والبيئة الجغرافية التي تتلقّاها هي أمور تشكّل مجموعة متلاحمة. «بمساعدة المواد والعناصر التي أخذها من الطبيعة المحيطة، استطاع الإنسان أن يبني لنفسه شيئاً منسّقاً يضمن وجوده ويقدّم له بيئة قيد إستعماله» (ب. فيدال دو لا بلاش).

«الطبيعة المحيطة» هي مفهوم واضح بما يكفي بالنسبة للإنسان التقليدي إن لم يعد كذلك اليوم، في المدن. يصف لنا ب. بيليسييه P. Pelissier طبيعة حياة قرويّي الداهومي (بينان اليوم)، على ضفاف نهر ويميه Ouémé: كلّ التقنيات تنتظم تبعاً لفيضان النهر السنوي. في أعلى حوافي النهر الغرينية تُقام حقول المنيهوت، في الأسفل في الأراضي التي تبقى مغمورة طويلاً بالماء، تُزرع الذرة والفاصولياء. أمّا الصيد فيتم عبر طريقة «كوّات الأسماك» البسيطة، في الخلجان حيث يسهل العمل بعد هبوط الماء. هنا تراودنا كلمة «التكيّف مع الطبيعة» لولا أنّها تحمل الإبهام. «الأوالية الأساسية، وهي أوالية الفيضان، تفوت السكان المقيمين بجانب النهر كلّياً» (ب. بيليسييه).

كذلك فإنّ «الطبيعة المحيطة» تعطي المواد الضرورية للمسكن. الكوخ الافريقي يصنع من أغصان النخيل، الخيزران، الرافية، أي ما نجده في الغابة المجاورة. كما أنّه يُبنى من الصلصال بجانب السهول الحمراء الكبيرة. البيت الريفي في برتانيْ Bretagne وأوفيرنيْ Auvèrgne في فرنسا يُبنى من الغرانيت الموجود في صخور المنطقة. كذلك فإنّ الساحات القديمة في المدن الأوروبية هي تقريباً صورة عن الجيولوجيا المحلّية: الصخور الكلسية البيضاء في أسيسي Assise (إيطاليا)، الحجر الرملي الأحمر في أدنبره (إسكتلندا)، والحجر الطفحي الأسود في كليرمون ـ فيّران Clermont - Ferrand (فرنسا). ولكن ماذا يمكن أن نستنتج؟ تكيّف أم حدود للتقنيات؟ فالبيت القديم في برتانيْ متين ولكن معتم؛ كما لاحظ أيضاً ب. غورو أنّ البيت الياباني الخفيف، الذي ينسجم جدّاً مع إطاره الطبيعي، ليس متكيّفاً كما ينبغي مع شتاء اليابان، الجليدي أكثر الأحيان. الطبيعة، هي الطبيعة التي تبلغها تقنيات الساعة. ضمن المجموعة الغنية لأنظمة الري في الصحارى نرى جيّداً ما يجمع التقنيات الأكثر تقليدية: مياه الينابيع، مياه الأودية المرحلية، مياه الآبار والسراديب قليلة العمق كلّها مياه محلّية وسطحية. السدود الكبيرة والمحرّكات هي التي وسّعت أفق المياه التي يمكن الوصول إليها. بالنسبة للإنسان المأخوذ بأنواع الحياة لم يحن بعد وقت طرح المسألة.

أليس هناك ناحية أكثر بيانية أيضاً: التقنيات هي «محلّية». فهؤلاء الرجال الذين يجتمعون من أجل بناء الكوخ الإفريقي يعملون على نموذج يعرفونه جميعاً، وما أن ينتهي البيت حتّى يأتي شبيهاً تماماً بسائر بيوت القرية. وفي مكان آخر يُعمد إلى طرق مختلفة

وإلى عادات أخرى. في أفغانستان 1974، يلاحظ د. بالان D. Baland أنّ المساحات الجغرافية للتقنيات تتطابق نوعاً ما مع المجموعات العرقية. إذ يتميّز شعب التدجيك بنوع خاص من البيوت، بشكل خاص من القرى وبنظام خاص من الزراعة جميعها تسمح لنا أن نميّز «البلد التدجيك» بسهولة. إلى جانبهم هناك شعب البشتون وله تقنيات أخرى، مزدرعات أخرى. هنا نفكّر مرّة أخرى بفيدال دو لا بلاش الذي كان قد اتّخذ كمثل نموذجي عن التقنيات العرقية مثل شعب الخرغيز. لكنّ التاريخ يمضي سريعاً ويبدّل هذه المخلّفات.

مع هذا تبقى ملامح وميّزات محلية وإقليمية. فالمناطق الريفية في فرنسا ما تزال متأثّرة إلى اليوم؛ هل هناك من داع للتذكير بأنّها كانت ما تزال تملك حتّى عهد قريب جدّاً عشرات من الأعراق البقرية كلّ منها مقيم في مهد جغرافي محدّد؟ فيّ كلّ حالة، كانت أساليب علف القطعان، الرزنامات المألوفة للتشتية والتصييف ورزنامات التجارة تحتفظ بمميّزاتها الخاصّة. المناطق الجبلية حيث ما تزال الأجبان تصنع في المزارع هي الحصون الأخيرة «لأنواع الحياة» هذه؛ هنا نلمس حقيقة تحليلات فيدال... وهي على وشك الاختفاء كلّياً.

لقد استطاعت التقنيات الصناعية أن تحتفظ طويلاً بطابعها الإقليمي. هكذا مثلاً فنّ صناعة السفن في بلاد الباسك الفرنسية، في سان جان دو لوز Saint - Jean - de - Luz. فحتّى بداية القرن العشرين كانت تُصنع هناك سفن صيد مميّزة الطابع: نوع من الباليّات الممشوقة، سردينيات كانت رغم تجهيزها بالمحرّك تبقي على أسْلوب ومادّة تقليديين - الأقاقيا. ولكن اضمحلّ كلّ شيء عندما وجب صنع سفن التون البحرية، وكانت وقفاً على الورشات الصناعية في المدن الكبيرة. كذلك اختفت باكراً من المسرح الصناعي محارف الحديد الكاتالونيّة، الكونتية ومحارف شمبانيّ Champagne، وأليفار Allevard في جبال الألب التي كان لكلّ منها خصائصه وطابعه، مسحتها تقنية الأفران العالية التي انتشرت.

هناك أخيراً ناحية كانت تميّز أنواع الحياة: استقرارها النسبي. فمن جيل إلى آخر كانت التقنيات المكتسبة تتغيّر قليلاً. ومن هنا معنى «التقليد». وفي عدد من المجتمعات الآسيوية أو الافريقية كانت جذور هذه الاستمرارية ضاربة في عمق شعائر تتجاوز مجرّد التحليل المادي للتقنيات. هذه مثلاً القرية القبيلية التقليدية، فالزراعة هي أبعد من أن تكون عادية مع حقول القمح والشعير، أشجار التين، الخراف والماعز. الحرفيون يعملون والنساء تنسجن الصوف. مع هذا يذكّرنا ج. سيرفييه J. Servier بأنّ الحدّاد الذي يصنع المحراث ونول النسيج يعيش أيضاً في المقدّسات. السوق الأسبوعي ناشط، لكن مكان المعاملات

التجارية هو أيضاً محراب. كلّ تجديد ينقض تقليداً معّيناً، إلاّ أنّ هذا لم يمنع التغيّرات الكبيرة من الحدوث أحد الأيّام ولكن عاطياً إيّاها مدى يجد الأوروبي صعوبة في فهمه.

ليس بإمكان أيّ مجتمع أن يتجنّب التجديدات، وقد تلقّى فلاّحو أوروبا الكثير منها، لكن مراحل الاستقرار كانت دون شك تتغلّب على مراحل الاستحداث. ينوّرنا عالم الجغرافيا د. فوشير D. Faucher مظهِراً لنا كيف يتلاحق «الروتين والتجديد في الحياة القروية». لا شكّ في أنّ قرى منطقة آكي Acqui في إيطاليا عرفت ثورة حقيقية لدى اعتمادها الذرة، ولكن هذا «القمح الإسباني»، أو «القمح التركي» اندمج في عمق حياة المنطقة بعد عدّة أجيال لدرجة أصبح يعتبر معها محلّياً. المناوبات الزراعية، غذاء البشر، وعلف الحيوانات كلّها انتظمت تبعاً للذرة. لقد تمكّن نوع الحياة من استقبال الدخيل، تخصيص مكان ممتاز له، وإحاطته بالتقليد، بالروتين تقريباً.

دون هذه المدّة الطويلة من الأفعال المتكرّرة قد لا نتوصّل إلى فهم المشاهد الزراعية القديمة على الأرض. في بلد المافا في الكاميرون يتألّف جهاز الأدوات من أقلّ من عشر: «البليطة المعقوفة لقلع الأشجار اليابسة، عصا الحفر للزرع، المجرفة ذات المقبض القصير للعزق، نوع من المطارق للضرب». تقوم الثيران، الخراف والماعز بتأمين الخصوبة. وهناك بشكل خاص بستنة حقيقية للمنحدرات تضاعف عدد مساحات الدخن والخضار على هضاب زراعية. مشهد متجانس، متميّز ويسمح - إلى متى؟ - بكثافة سكّانية تبلغ مئتي نسمة في الكيلومتر المربّع. ويمكننا وضع قائمة طويلة بهذه المشاهد الزراعية الناتجة عن مثابرة مستمرّة: حدائق وبساتين البحر المتوسّط، حقول الأرزّ جنوبي شرقي آسيا، الأحراج الصغيرة في الغرب الأوروبي...

إنّ نموذج «أنواع الحياة» الذي نتكلّم عنه يجد بعض الصعوبة في حضرة المجتمعات المدينية، وإن كانت من الماضي. يجري الانقسام الجغرافي بين المدينة البحرية ومستعمراتها البعيدة: أثينا كانت تملك خطوطاً حقيقية للملاحة، وروما شبكة طرقات واسعة المدى. البندقية، فلورنسا، وأنفير Anvers لا تجد لها موقعاً في الصورة الطبيعية، المحلّية والدائمة لأنواع الحياة. إنّها استثناءات ضمن شبكة عامّة لا تنمحي إلاّ على مهل. يذكّرنا هـ. أنجالبير H. Enjalbert بمكسيكو في عهد الأزتيك التي لم تكن تستطيع أن تكون مدينة كبيرة: فالزراعة اليدوية، والحمل على ظهور الرجال هما عبارة عن حدّين جدّيين، مهما كانت قوّة المحيط السياسي. الفاصل الحاسم فعلاً هو الصناعة الكبيرة.

المحيط الطبيعي يفسح المجال أمام الآلة والفن الصناعي. الموارد الطبيعية متوزّعة

بشكل غير منتظم أبداً وللطبيعة إيقاعات بطيئة جدّاً أو مضطربة جدّاً بصورة لا ترضي النظام الصناعي. يمكن إصلاح الأمور ولكن إلى حين. هكذا مثلاً صناعة الأخشاب السويدية الكبيرة التي ما تزال تستعمل تعويم الجذوع على الأنهار. يُقطع الخشب في الشتاء وينتظر فيضان الصيف كي يصل للمصنع بتكاليف قليلة. لكنّ مردود هذه الأعمال ضعيف جدّاً حيث يظهر الكثير من فترات الجمود. اليوم تفرض الطرق الحرجية الكبيرة والشاحنات الضخمة نفسها لأنها تسمح بالعمل دون توقّف. الآلة والمصنع ـ تجمّع الآلات ـ هما صورتا هذا النشاط الذي لا يهدأ أبداً. بالطبع نجد لدى مختلف النشاطات وبدرجات متفاوتة هذا الحلم الآلي لإنتاج يتحرّر من القيود الطبيعية.

التقنيات المحلّية أو الإقليمية تتلاشى لصالح التقنيات العالمية، وسنضطر للرجوع إلى المعنى الذي يجب نسبه إلى هذه الكلمة. إنّ التطوّر الصناعي يخترع مواداً جديدة، آلات جديدة، وأشياء جديدة لا مجال لنقاش تفوّقها المادّي، من حيث فعالية العمل. بهذا المعنى تكون مكنة البخار أوّل غرض عالمي حقّاً، وسكّة الحديد، والكهرباء. اضطرت آلاف المساحات التقنية المخصّصة لصناعة السفن أن تختفي أمام الفعالية الجديدة للسفينة البخارية، ثمّ ذات المحرّك، ثمّ السفينة الضخمة المتخصّصة. المصنع الهيدروكهربائي ومصنع الفولاذ هما تقريباً نفسهما في الهند أو في كندا. مجمّع الأبنية السكنية الكبيرة هو نفسه في شيكاغو، في باريس، في طوكيو. ولولا الحشد الموجود في الشارع والذي يحتفظ بنوع مميّز من الملابس أو اللّغة المكتوبة على الملصقات الدعائية لما تعرّفنا إلى كل مشهد. الأمر هو بحقّ عبارة عن نشر لتكنولوجيا يمكن جعلها عالمية. كانت الصناعة الحديدية الأولى تسمّى بالصناعة على الطريقة الإنكليزية، ولكن ماذا يجب أن نسمّي اليوم هذه التقنية التي أعادت النظر فيها وقوّمتها الولايات المتّحدة، السويد والنمسا؟ يمكن الكلام عن «مجموعة اتّصالية» عالمية للتكنولوجيا الصناعية: فهي تلتقي مع جميع المناطق، جميع البلاد، جميع الحضارات عبر حركة متواصلة (هـ. كارييل H. Kariel).

أخيراً يُدخل النظام الصناعي التغيّر المتسارع. من الوهم الاعتقاد بأنّه كان يوجد ثورة صناعية واحدة أدّت إلى تقسيم واحد للمدى الجغرافي. يمكننا مثلاً أن نحصي على أرض الولايات المتّحدة عدداً من المناطق (belts) كان يبدو أنها وجدت توازنها بعض حركة كبيرة معيّنة: المنطقة الصناعية، المنطقة القطنية، منطقة القمح... لكن علماء الجغرافيا الأمريكيين يلاحظون اليوم أنّ منطقة القطن لم تعد تعيش اليوم من القطن، بل من البترول ومن الصناعة الكيميائية، وأنّ شمال الشرق الصناعي أطلق أحدث مصانعه نحو كاليفورنيا أو الجنوب. منذ نهاية الحرب العالمية الأولى أدرك في المملكة المتّحدة وجوب إعادة التفكير

بالقواعد التقنية والاقتصادية في المناطق التي أقامتها «الثورة الصناعية الأولى» بالكاد بعد قرن من تاريخ بنائها. فقد كانت التقنيات الجديدة: الطيران، السيّارة، البترول، الكهرباء تتطلّب إعادات التوزيع الجغرافية هذه. اليوم كلّ شيء يتغيّر بسرعة إلى درجة تجعل جداول النشاط الصناعي تبطل في غضون سنوات. في السبعينات كانت صناعة العتاد المعلوماتي، التي ولدت في الولايات المتّحدة نحو العام 1950، في «ثورتها التكنولوجية» الثالثة ـ الصمامات المفرّغة من الهواء، الترانزستورات، الميكرو نماذج. وأقيمت مصانع جديدة في مواقع غير مألوفة؛ وفي فرنسا في مدن دون أي تاريخ صناعي: نيس Nice، مونبيلييه Montpellier. وفُتحت في فورموزا، في كوريا الجنوبية، في سنغافورة محارف لصنع القطع المنفصلة، حيث تعمل العاملات الماهرات لحساب أكبر الشركات الأمريكية. التطلّعات المستقبلية، حتّى على المدى القصير، هي أبعد من أن تكون واضحة جدّاً، في تلك الفترة كنّا نتساءل: ماذا سيُصنع بعد عشر سنين، حاسبات كبيرة أم أجهزة مصغّرة معدّة لاستهلاك أوسع؟ هكذا لا يمكن التأكد من نجاح أي محاولة للتكهّن بالمستقبل.

النظام الصناعي والجغرافيا

انتشار عالم المصانع

هل من المستحيل وضع نظرية تفسّر بصورة مرضية تحديد مواقع الصناعات الموجودة؟ منذ ظهور المراكز الصناعية الأوروبية الكبيرة عند نهاية القرن التاسع عشر، نرى جيّداً أنّ الأمر يتعلّق «بنظام» معقّد يتضمّن مناجم فحم، معامل للصناعة الثقيلة، معامل للسلع الاستهلاكية، وأيضاً شبكات مواصلات، سكك حديدية وأقنية، إلخ. فقط من أجل توضيح العرض اضطررنا إلى تجزئة التحليل: فمنذ البداية نجد أنفسنا بحضرة تكافل جديد أكثر تعقيداً من تكافل «أنواع الحياة»!

استعمال الوقود والمعادن بغزارة هو إحدى ثوابت النظام الجديد، وهذا ما يعطي وزناً جديداً لمفهوم الموارد الطبيعية. هذه الطبقة المعدنية لها هذا الحجم، هذا العمق، وهذا المحتوى بالمواد المفيدة. وهناك بعض المزايا «الطبيعية» المدهشة: هكذا مثلاً مناجم فحم نيوكاسل Newcastle التي تبرز مكشوفة عند مصب نهر التاين Tyne وتشكّل ثروة حقيقية للمنطقة. تأخذ التباينات الجغرافية والجيولوجية أهمّيتها متى يستنفد المنجم ثروته على مدى الاستعمال، ومن هنا مبدأ الامتداد الجغرافي المستمرّ نحو مناجم جديدة أو طبقات واعدة. منذ منتصف القرن العشرين كان يُلاحظ أنّ بئر بترول «متوسّط» على أرض الولايات المتّحدة كان يعطي عشرة براميل يومياً، بينما كان البئر في الشرق الأوسط يبلغ الرقم 5000.

مع هذا تتوقّف «القيمة» الكلّية للمنجم على التقنيات المطبّقة فيه والمجموعة التي يكوّنها النظام الصناعي بأكمله (مواصلات تؤمّن مجالات التصريف، مصانع تحويل المادّة الخام). لقد كانت «البلاد السوداء» في إنكلترا، بلجيكا، فرنسا وألمانيا مصادر ثروات خارقة لأنّها اعتمدت مكنة البخار، صناعة الكوك، والصناعة الحديدية على الكوك. اليوم تبدو هذه التكنولوجيا بالية قديمة، إذ إنّ معظم الأحواض الإنكليزية، والحوض الفرنسي ـ البلجيكي، تشهد أزمة شديدة تعيدها إلى وضعها السابق، أمّا حوض الرور Ruhr الألماني فلم يتأثّر إلى هذه الدرجة: فقد وصل متأخراً أكثر إلى طور الاستثمار الصناعي الكبير؛ وقد عرف كيف ينظّم صناعة كيميائية قوية قوامها الفحم تؤمّن إبدالاً نحو التقنيات الأحدث. كما أنّ هناك طبقات هائلة يسهل استثمارها بواسطة الآليات الحديثة جعلت بعض أحواض الولايات المتحدة، الاتحاد السوفياتي وإفريقيا الجنوبية بعيدة عن «أزمة الفحم».

إنّ الجغرافيا المتغيّرة لمناجم الحديد تُظهر جيداً هذا الرابط بين المنجم والتقنيات الصناعية «الخلفية». إنّنا نعرف مدى تشتّت الطبقات الصغيرة المستثمرة في فرنسا عند نهاية القرن الثامن عشر: هذا التفتّت الجغرافي يطابق تفتّت محارف الحديد والغابات. أمّا الأفران العالية ومصانع الفولاذ فتفضّل الطبقات الكبيرة. إنّ طريقة توماس Thomas وغيلكريست Gilchrist في الصناعة الحديدية، والتي تسمح بمعالجة أنواع الحديد الفسفورية، أبرزت فجأة قيمة الحوض الحديدي الكبير في منطقة اللورين الفرنسية: كان هناك قصور طبيعي جسيم فخُفّف ثمّ اضمحل، وهكذا أُقيمت أكبر منطقة صناعة حديدية في فرنسا. اليوم تلعب التطوّرات التقنية دوراً معاكساً، فانطلاق النقل البحري لركاز المعدن يأتي في صالح الطبقات الطبيعية البعيدة عندما تكون غنية بالمعدن (موريتانيا، البرازيل، إلخ.). كما أنّ هناك نقصاً قديماً في إنتاج اللورين لم يعد اليوم مقبولاً، فهو لا يحتوي سوى على 30% من الحديد. هل سيكون بإمكان التقنيات الحديثة في تكثيف الركازات الفقيرة في موقعها أن تفتح آفاقاً جديدة للورين؟ حتّى اليوم يبدو المستقبل مبتسماً امام إتّصالات الخطوط الكبيرة عبر البحار: من البرازيل إلى اليابان تقطع ناقلات المعادن مسافة 20000 كيلومترا!

التجديد الصناعي هو الذي يدرج باستمرار تقييماً جديداً لثروات طبيعية كانت نائمة. فمثلاً لحاجات الصناعة الورقية في بريطانيا فتح وسط السويد وشماله أمام التصنيع غاباته الواسعة من الصمغيات: وسرعان ما نُظّمت شروط الإنتاج الوفير عبر شركات كبيرة تملك عشرات آلاف الهكتارات من الغابات، وبفضل وسائل النقل الحديثة ومصانع معجونة الورق على ضفاف البلطيق. كذلك أدّى تقويم الألومينيوم إلى دخول الغيانا Guyanes وجامايكا بصورة فجائية إلى الدائرة الصناعية. كما أنّ صناعة الأجهزة الكهربائية أبرزت هنا المعدن

القديم الذي هو النحاس: وحدهما الكونغو ـ كتناغا والتشيلي يمكنهما تلبية الاحتياجات بصورة وفيرة.

أمّا بالنسبة للبترول والغاز الطبيعي فحالتهما معروفة جدّاً ولا داعي لأن نطيّل الشرح حولها. لقد كان توسّع مناطق الإنتاج مدهشاً، ولا يُنظر فيه إلاّ من زاوية تحسين مستمر لوسائل النقل: ناقلات الميتان، ناقلات البترول، قنوات. وبشكل خاص، أصبحت جغرافيا البترول والغاز موضوع تكنولوجيا جديدة كلّياً: التنقيب العلمي الذي ينشر رحبة من الوسائل المكلفة ـ أسبار كهربائية، حفر تحت البحار. اليوم تبلغ حصّة البترول المستخرج بعيداً عن الشاطىء «off shore» أكثر من 20%. وبإمكان الاكتشافات الجديدة أن تساعد البلدان الفقيرة جدّاً ـ الغابون ـ كما الشمال الكندي أو سيبيريا.

تقدّم لنا جغرافيا إنتاج الكهرباء موضوع تأمّل حول العلاقات المتغيّرة بين الطبيعة والتقنية. ما أن تتمّ مجانسة منتوج معيّن بواسطة الصناعة ـ هنا أحد أشكال الطاقة ـ ويكون في متناوله مصادر متنوّعة حتّى يتغيّر شكل الخريطة الناتجة عنه باستمرار، على مدى التجديدات. لقد جُهّزت جبال الألب باكراً بسدود هيدرو ـ كهربائية وتمتّعت خلال سنوات بثروة حقيقية ـ مرّة ثانية ـ لأنّه لم نكن نعرف تصدير التيار الكهربائي بشكل مناسب. عن هذا انبثقت عملية تصنيع أدخلت إلى الجبل مصنع الألومينيوم الكبير الحديث الذي يستهلك الكثير من التيار. ولكن أخذ بعد ذلك عدد «المواقع» الهيدولية يتضاءل: دفع بناء السدود الكبيرة حتّى أعالي الجبال... اليوم دون أن ترافقها المصانع. وذلك لأنّه أصبح من الممكن نقل الكهرباء مسافات بعيدة. لذا أقيمت شبكة وصل بين مفاعلات كبيرة مرصوفة على الأنهار القوية، بعيداً عن الجبل، تنتج بشكل اقتصادي أكثر. المفاعلات الحرارية على الفحم، ثمّ على الفيول، ثمّ على الغاز الطبيعي تقوم بنفس المهمّة، وهي تقع على طرق مواصلات كبيرة وتجذب، بدورها الصناعات الجديدة إلى مجاورتها. فالمرفأ الكبير الحديث، حوض الفحم الحجري والوادي الجبلي على تنافس غير عادي حول شبكة الكهرباء (كوران Curran).

ويمكن إيجاد الكثير من الأمثلة من نفس النوع. لقد تطوّرت تكنولوجيا الكاوتشوك منذ بدايات صناعة المطّاطيات. في بداية القرن العشرين كان الأمازون يقدّم الحلباب الطبيعي، بعد ذلك جاءت دورة زراعات شجر المطّاط وانطلاق ماليزيا وأندونيسيا. منذ سنة 1950 أصبح البترول مصدر الكاوتشوك الاصطناعي: فتجمّعت المصانع الجديدة بالقرب من معامل التكرير الكبيرة. كذلك فإنّ صناعة الأجسام الدهنية والزيتية تبحث في وقت واحد أو على التوالي في مجموعة كبيرة من المصادر المتنوّعة للغاية، بغية الحصول على مواد

«ستاندارد». ولا بدّ لتطوّر يجري على أحد المصادر من أن يحرّك الأسواق. مؤخّراً جاءت زراعة السلجم (نوع من اللفت) أو دوّار الشمس الممكننة في صالح سهول الولايات المتّحدة والاتّحاد السوفياتي. في آن واحد عرفت الزيتيات المدارية، لبّ نارجيل الفليبين وفستق السنغال نوعاً من الأزمات.

عندما نتطرّأ إلى الصناعات الخفيفة والصناعات الاستهلاكية نجد العلاقة مع المواد الأوّلية أرقّ أيضاً. باكراً جدّاً مثّلت الصناعة النسيجية صناعة «حرّة» بما فيه الكفاية تجاه المواد المشغولة، وبالعكس حسّاسة تجاه اليد العاملة وإمكانيات التجهّز بعتاد يتجدّد غالباً. لن نستطيع أن نفهم «هجرة» الصناعة النسيجية من إنكلترا الجديدة نحو جنوب الولايات المتّحدة دون أن ندرج عامل البحث عن يد عاملة أرخص. لكن هذه الهجرة تذهب أبعد من هنا أيضاً؛ اليوم تصنع في بورتوريكو، ماكاو، هونغ كونغ وسنغافورة أرخص الأقمشة في العالم. ما أن يتمّ معايرة الحركة وتبسيطها حتّى يصبح بالإمكان إقامة المصنع الحديث في البلدان الفقيرة. وقد رأينا أعلاه كيف أنّ صناعات حديثة أخرى (ميكانيك، قطع الأجهزة الالكترونية) تذهب أيضاً في هذا الاتّجاه.

إلاّ أنّ الصناعات الاستهلاكية أكثر ما تميل فإلى الاقتراب من سوق مبيعها. والمناطق الصناعية القديمة، المتمدّنة جدّاً، كانت تشكّل أيضاً أسواقاً استهلاكية جذّابة. اليوم تتوجّه أحدث الصناعات إلى سوق دولي، وأصبحنا نرى المساحة الصناعية لشركة سيّارات كبيرة، كيمياء، الكترونيك والعديد من المنتوجات الأخرى تتخطّى كلّ الحدود السياسية... تقريباً. عندما تقوم شركة مثل كوداك Kodak (روتشستر Rochester ـ الولايات المتّحدة) بتوسيع مصانعها في أوروبا، فهي تبحث عن الإقامة في أقوى مراكز الاستهلاك. أتكون شتوتغارت Stuttgart؟ أم ميلانو؟ في هذه المساحة الواسعة من الشركات الكبيرة، بالإمكان إجراء تقسيم للعمل في كلّ مصنع. مثلاً يُصمّم حاسب آي. بي. إم I.B.M في سان خوسيه في كاليفورنيا؛ بعض «الدارات» تُصنع في باريس ـ كورباي؛ تأتي «الذاكرات» من ماينز Mayence في ألمانيا؛ ويتمّ التركيب في ضاحية ميلانو. كما يمكن نشر شبكة عالمية دون متطلّبات خاصّة من أماكن تأسيس المصانع: أفضل مثل هو شركة كوكا كولا، التي تدين بازدهارها إلى توحيد نمط كامل وركيزة دعائية استثنائية الضخامة (أ. ويتز دو لامب A. Huetz de Lemps). ما أوردناه هو أمثلة في حالات قصوى تتميّز بالقدرة على إظهار التكنولوجيا الجديدة كشبكة اتّصال مُعايرة.

انتشار شبكات الاتّصال

الأسيسات مثل سيّارات النقل هي من إنتاج المصانع، كذلك فإنّ المزدوجات

قطارات ـ سكك حديدية، سفن ـ مرافىء، سيارات ـ أوتوسترادات، طائرات ـ مطارات قد خدمت بدورها الصناعة. وتوسّعت الخطوط كي تشكّل شبكات ومجموعة الشبكات نظام نقل عام (م. فولكوفيتش). والأمر لا يتوقّف عند نقل المنتوجات فقط، بل أيضاً نقل الناس والمعلومات.

إنّ شبكة السكك الحديدية العالمية هي أقلّ كثافة من شبكة الطرقات ـ بعشر مرّات ـ ولكنّها عبارة عن أوّل شبكة في التاريخ مصنّعة بالكامل. دفعة واحدة استعملت سكّة الحديد للنقل بغزارة، نقل المنتجات المنجمية، والبضائع الثقيلة. ويستهلك القطار طاقة قليلة كي ينقل الكثير: وهو يحقّق وفورات هائلة بالنسبة للصناعة الثقيلة. لقد حُسب أن نقل الطن على مسافة ميل كان يبلغ بالكاد 3 سنتات في أمريكا السنوات 1850. وبعد خمسين سنة حصلت تطوّرات جديدة خفّضت هذه الكلفة إلى سنت واحد! كما تفتح السكّة الحديدية مجالات واسعة أمام النقل المنتظم والأكيد. سنة 1916 أنجز قطار عبر سيبيريا وكان يجتاز 9300 كيلو متر من السكك من موسكو إلى فلاديفوستوك Vladivostok ويبقى ضرورياً لنقل الأخشاب والفحم؛ كما تمّ وضع قطار عبر سيبيريا جديد يقطع عدداً أكبر من المناطق الشمالية. كذلك ما زالت القطارات عبر القارّة الأمريكية موجودة. واليوم أقيمت خطوط جديدة في كلّ البلدان التي تريد استثمار المناجم بعيداً عن الشواطىء: أوستراليا، البرازيل، الغابون.

في نفس الوقت تقريباً ظهرت مهمّات أخرى لسكّة الحديد: فتح مناطق جديدة للسكّان، نقل الناس، الوصل ما بين المدن. وهذا هو مبدأ الشبكة ذات الحلقات المعدنية المشدودة. البلدان الكبيرة التي كانت تُسمّى بالجديدة سُكنت بفضل سكّة الحديد: المحطّة الجديدة هي في آن واحد مركز للتجارة ولإقامة جماعة بشرية جديدة. في أوستراليا، من 1860 إلى 1920 ـ فترة الانتشار الأكبر للسكّة الحديدية ـ لم تنتظم فقط مساحة اقتصادية للصوف، للقمح وللمناجم حول الخطوط، بل أيضاً حياة كلّ المناطق البشرية الآهلة الجديدة، بعيداً عن المرافىء التي أصبح مذ ذاك من السهل الوصول إليها. كما ذهبت البلدان الأوروبية القديمة أبعد من هذا؛ في فرنسا، عند نهاية القرن التاسع عشر، كانت «خطّة فريسينية Freycinet» تهدف إلى إقامة محطّة في كلّ قرية وفي كلّ ناحية. ولم يخفّ كلّ هذا الحماس لبناء الخطوط الإقليمية الصغيرة إلاّ مع الحرب العالمية الأولى ومنافسة السيّارات القوية. رغم كونها عرضة للنقاش على صعيد الاقتصاد البحت، كانت الشبكة الحديدية ذات الحلقات المعدنية المشدودة عامل تحوّل مذهل في المجتمعات الزراعية.

اليوم تتعرّض الشبكة للتقلّص في كلّ البلدان الصناعية. فقد استولت السيّارة والطائرة

على الزبائن. في البدء عندما كانت تديرها المصالح الخاصّة وبعد ذلك عندما أصبحت مصلحة عامّة اضطرت سكّة الحديد للتخلّص من الخطوط الأقلّ مردوداً. كانت فرنسا قد ألغت 17000 كيلو متر من الخطوط سنة 1970، وفي الولايات المتّحدة اختفى خلال عشر سنوات نصف الشبكة وبيعت المحطّات القديمة بالمزاد العلني، بصفتها آثار تاريخية. مع هذا فإنّ الكهربة واعتماد عتاد يسمح بالحصول على سرعات كبيرة ـ 200، 300 كلم/ساعة ـ هما إشارة إلى إعادة تجديد، وقد لمسناها في بعض المحاور الكبيرة: في فرنسا خطّ باريس ـ ليون ـ مرسيليا، في الولايات المتّحدة خطّ بوسطن ـ واشنطن، وفي اليابان الخطّ الشهير توكايدو Tokaïdo الذي توصّل إلى منافسة الطائرة.

أمّا المواصلات البحرية فلها أقدم تاريخ تقني وعرفت أكبر التغيّرات. يقول دوغلاس نورث Douglas North إنّ تعرفات الشحن البحري انخفضت إلى النصف خلال الفترة 1850-1890 بفضل إدخال مولّد البخار. كما ساهمت المرافىء الحديثة وسكك الحديد معاً بافتتاح أسواق جديدة ومناطق سكنية جديدة. عند بداية القرن العشرين ازدادت المسافة التي تجتازها المواد الغذائية الزراعية للوصول إلى لندن وبلغت 6000 ميل. وأصبحت المواد الثقيلة الأرخص تضع وقتاً أكثر في السفر من التقاطرات إلى المصانع. إنّه لمن المثير أن نعيد قراءة الكتاب الصغير الممتاز الذي وضعه ف. موريت F. Maurette حول «الأسواق الكبيرة للمواد الأوّلية»، وقد كتبه ما بين الحربين العالميتين. مستنتجاً مثلاً أنّ أسواق الركازات المعدنية قلّما كانت تبتعد عن أوروبا الغربية ـ السويد، الجزائر ـ كان يرى في هذا عائقاً مستمرّاً. وكان هذا قبل استعادة النشاطات الصناعية والتحوّلات الجديدة للمواصلات عبر البحار.

لقد أمكن الكلام عن «مرحلة شباب ثانية» للمواصلات البحرية. فبينما نرى باخرة المسافرين تنزع إلى الاختفاء، لا سيّما أمام الطائرة، وتبعد إلى مجرّد المهمّات السياحية الصغيرة، ظهرت فجأة نماذج من السفن التجارية منذ سنة 1960. إنّها سفن كبيرة، متخصّصة، متألّية. ما كان يُسمّى بناقلة البترول المتفوّقة آنذاك أصبح مجرّد سلف يحمل 50000 طن. أمّا ناقلة البترول من سنة 1975 فهي عملاقة تحمل 300000 طن أو أكثر ويبلغ طولها 400 متر، وتتطلّب مسحوبات مياه تبلغ 25 متراً. كما أنّ ناقلات الميتان الجديدة تنقل في كلّ رحلة 100000 متر مكعّب من الغاز السائل، من ألاسكا إلى كاليفورنيا، من الجزائر إلى فرنسا، من برونيه إلى اليابان. كذلك جرى انقلاب في شحن البضائع العادية، «الكونتينرات» هي عبارة عن مصندقات مكعّبة الشكل ضخمة من الفولاذ أو من مادّة بلاستيكية تسمح بالشحن السريع عبر الشاحنات أو الحافلات. بعد الفوضى التي كانت

تميّز الخطوط البحرية، المليئة بالتوقّفات والدوران، جاء انتظام المحاور الكبيرة الممتدّة فوق القارّات. من لندن إلى اليابان تُنقل الكونتينرات وتستقلّ على مسافة معيّنة القطار عابر سيبيريا. من لينينغراد إلى الراين وحتّى ميونيخ، من لوس أنجلوس إلى برمنغهام، كلّ هذه المحاور المكلفة أصبحت في ما بعد منظّمة تحتلّ فيها السفينة موقعاً ممتازاً. كما أنّ السفينة المتداخلة، التي تحمل زوارق محمّلة، تسمح باتّصال مباشر بين المرافىء النهرية في الميسيسيبي والراين!

أمّا مواصلات السير فهي أكثر العلامات تمييزاً لعصرنا التقني. إنّ التطوّر المدهش للسّيارة يمكن تفسيره بشكل خاص بشعور حرّية التنقّل الذي تؤمّنه. الطريق مفتوحة في كلّ النقاط، ونحو كلّ النقاط. دون التقيّد بالوقت والانتظار، الذي نجده في المحطّات، المرافىء والمطارات.

تقدّم السيّارة طريقة جديدة في اجتياز المسافات، بسرعة، وبحرّية. ولكن سرعان ما لوحظ، في الولايات المتّحدة، في أوروبا، في اليابان، أنّ لهذه الحرّية ثمناً مكلفاً: فالسيّارة تستهلك الكثير من الطاقة والمساحة من أجل نقل شخص أو شخصين. وكذلك سرعان ما أظهرت الطريق التقليدية، حتّى المحسّنة والموسّعة، عجزاً عن تحمّل الدفق الهائل للسيّارات. لذا أعدّت طريق متخصّصة للسرعات الكبيرة وللتدفق الغزير: إنّها الأوتوستراد أو الطريق السيّار (Motor Way). ثمّ توسّعت شبكة الأوتوسترادات. سنة 1975 نجد في فرنسا شبكة تمتدّ من باريس إلى منطقة السين الواطئة، من باريس إلى بلجيكا، من باريس إلى نيس. كلّ سنة تظهر تشعّبات جديدة، لكن المناطق الأقلّ غنى والمسكونة بعدد أقلّ من الناس قلّما تجذب اهتمام الشركات التي تقوم بالبناء. في الولايات المتّحدة نجد شبكة متشعّبة جدّاً. وقد أصبح محوّل الطرقات، كما المحطّة في ما مضى، مركزاً جديداً للإقامة والتصنيع (ك. بارت Cl. Barthe).

أمّا بالنسبة لشبكة المواصلات الجوية فقد بنت نفسها من تلقاء نفسها كشيء جديد كلّياً. لقد جعلت أبعاد الطائرة وتكنولوجيتها الرفيعة من شركة الطيران دفعة واحدة قوّة اقتصادية كبرى. إنّ تفوّق الطائرة هو أمر محسوم على المسافات الكبيرة والكبيرة جدّاً، بين العامين 1950 و 1970 تضاعف عدد المسافرين عشر مرّات والكيلومترات المقطوعة خمس عشرة مرّة، ممّا يفسّر استطالة متوسّط الأسفار. كما تتميّز هذه الشبكة الجديدة بدعم للخطوط الدولية الكبيرة: يمكننا أن نصل أيّ مدينة كبيرة من المعمورة انطلاقاً من أي مدينة أخرى خلال يوم واحد. كما نجد بهذا الصدد مبدأ توسيع مذهل لمساحة الأعمال؛ إنّ الشركات الصناعية الكبيرة التي تفتح مصانع لها في الخارج تهتمّ قبل كلّ شيء بأن تضعها

بالقرب من المطار الدولي. هكذا مثلاً نرى مصنع أي.بي.إم I.B.M في نيس، أو مصنع كونترول ـ داتا Control - Data وهي شركة الكترونيك كبيرة أخرى: يمكن تفسير اختيار فيرني ـ فولتير Fernay - Voltaire بالقرب من مطار جنيف (ك. مازاتوه C. Mazataud). ولكن في الوقت نفسه اكتملت الشبكة الجوّية بافتتاح خطوط داخلية؛ وسرعان ما اتّبعت هذه الطريقة بلدان شاسعة مثل الولايات المتّحدة، الاتّحاد السوفياتي، البرازيل، أوستراليا. كذلك قامت إسبانيا، التي تتميّز بشبكة خطوط حديدية ضعيفة، بتنظيم علاقات جوّية سريعة بين مدنها الرئيسية. في فرنسا تصل شبكة إيرانتر Air inter ما بين المدن متوسّطة الحجم. إلاّ أنّ هناك عائقاً اقتصادياً لا بدّ من الإشارة إليه هو أنّ الطائرة ما تزال مرتفعة الثمن بالنسبة للكثيرين.

شبكات نقل المعلومات هي أحدث منتجات هذا الفرع من الصناعة على الكرة الأرضية. كان الخبر لمدّة طويلة يسير على إيقاع وسائل نقل البشر؛ من يتذكّر اليوم في نيويورك أنّه لزم أسبوع من أجل معرفة خبر موت جورج واشنطن الذي حدث في فرجينيا سنة 1799؟ إنّ إنكلترا كانت تزوّد صحفها مع ثلاثة أشهر متأخّرة، إنّ الصين كانت تبعد مسافة خمسة أشهر؟ إنّ ظهور التلغراف (البرق)، التلفون، التلكس (Telegraph - exchange)، الإرسال الإذاعي، التلفزيون سمح بالاتّصالات الآنية عبر العالم أجمع. الكابلات التي كانت تجتاز البحار وتصل الجزر البعيدة ذهبت وحلّت مكانها الاتّصالات الجوّية المباشرة، ولا شكّ في أنّ هذه الحرية الجديدة للاتّصالات تشجّع المسير نحو مجانسة التقنيات والمشاهد. وسنعود إلى هذا الموضوع بمعرض تفحّصنا لاحقاً لمواقع المدن والشبكة الجديدة لتبادل المعلومات.

تسمح المواصلات والاتّصالات بإقامة حدود رائدة، نوع من مراكز متقدّمة لعالم التقنيات على هوامش المدى الجغرافي الطبيعي. ما هو الانعزال اليوم؟ هذه مثلاً منطقة كوينسلاند Queensland الأسترالية، التي ما تزال خالية تقريباً، ولكن غنية مع مراكز تربية ماشية تبلغ مساحتها 200000 هكتار! هذه المنطقة تبعد خمسين أو مئة كلم عن المدينة الأصغر والأقرب حيث نجد المحلاّت، مكتب البريد، المصرف والفندق. ضمن هذه الشروط تقوم كلّ حياة على أساس شبكة اتّصالات جيّدة: هاتف، طائرة خاصّة، سيّارات قوية ومتينة، تلفزة. هل تُعتبر كوينسلاند معزولة؟ بالمعنى التقني لا شكّ في أن الجواب يكون بالنفي. ولكن كيف نتصوّر الحياة الاجتماعية ـ لا سيّما طريقة التعليم ـ في ظروف كهذه؟

في البلدان القديمة يؤدّي كلّ إدخال لشبكة مواصلات جديدة إلى تغيير في أنواع الحياة. اليوم نشهد توسّع الوظيفة التجارية الحديثة في قرى التشاد، ويظهر لنا ج. سوتير .G

Sautter كيف أنّه على بعد 2000 كلم عن المرافىء، عند طرف الطريق، كانت التجارة مستحيلة تماماً قبل الشاحنة وسكّة الحديد. لم يكن بإمكان القطن، وإن كان محلوجاً في القرية، والفستق وإن كان مقشوراً أن يجد أسواقاً للتصريف. ومن جهة مقابلة، كانت أحجار القرميد والإسمنت تصل إلى القرية بأسعار مستحيلة: «كلّ الثروات كانت تتبدّد أمام كلفة النقل» (سوتير).

هذه أيضاً، بالقرب من منطقة ترومسو Tromsö، في النروج القريب من القطب الشمالي، أولى الطرق الحقيقية، المبنية منذ عام 1950. فهي قد فتحت فجأة الآفاق الجديدة أمام القرى الصغيرة؛ حتّى ذاك الحين كانت الحياة قاسية تقوم على صيد الأسماك والزراعة: الشتاء في البحر في لوفوتن Lofoten، والصيف مكرّساً لحصاد العلف. الوضع الجديد قضى على حملات صيد أسماك الغادس، وتنظّم اقتصاد يقوم على تربية الماشية وإنتاج الحليب من أجل السوق المديني في ترومسو (أليسفريد Allesfrede).

نحن بصدد تنظيم جديد للمدى الجغرافي. نشير أخيراً إلى ظهور الطرقات والشاحنات في جبال البيرو القريبة من كوسكو Cuzco. لقد تغيّرت القرى القديمة: فتحت المخازن وغابت النشاطات القديمة ـ الطواحين، النسيج. وما يدهش بصورة خاصّة هو تنظيم جديد للمساحة أدّى إلى تشجيع مدينة كوسكو وازدهارها. إنّها مدينة تقع وسط شبكة طرقات واسعة وتستأثر بالنشاطات الرئيسية: تجارات الجملة، الفنادق، المكاتب الجديدة للإدارة الإقليمية (ج. بريسّو ـ لوايزا J. Brisseau - Loaiza). ألم تكن هذه نفس العملية التي غيّرت مراتب الأسواق في أوروبا الغربية؟ إنّ تطوّر المواصلات «يخفي» الأسواق الزراعية الصغيرة ويفسح المجال أمام أماكن مركزية أقلّ عدداً ، ولكن أكثر قوّة.

التجمّع الجغرافي للتجهيزات والتمدين

لقد حدّدت بطرق كثيرة، جميعها تقريبية، الثورة الصناعية والنظام الذي انبثق عنها. وإحدى أهمّ الصياغات هي دون شك تلك التي قام بها ج. هيكس J. Hicks الذي يضع في الدرجة الأولى «ظهور رؤوس الأموال بشكل غزير». هنا تكمن «تجهيزات» النظام الصناعي، المصانع، وطرق الاتّصال. إلاّ أنّ هذه التجهيزات تخضع لقاعدة إلزامية أكثر فأكثر هي قاعدة «اقتصاد القياس» أو اقتصاد البعد. كلما كان المصنع أكبر، كلّما ازدادت قدرة وسيلة الاتّصال، وخفّت كلفة العمل. هذه القاعدة التي كان يبدو أنّها تدير عدداً محدوداً من النشاطات تفرض نفسها اليوم في كمّية متزايدة من المجالات التقنية. إذا تركنا الحالات الاستثنائية جانباً نلاحظ أنّ القوى الصناعية الكبرى، أكانت أمريكية، روسية، أو يابانية، تخضع قليلاً أو كثيراً لقاعدة التجهيزات الكبيرة.

اقتصاد القياس، التقنيات المتقدّمة المكلفة وتجمّع التجهيزات الجغرافي هي أمور تكوّن مجموعة واحدة. هذه القاعدة تبدو أنّها تسير عكس اتّجاه الانتشار الجغرافي للتطوّر التقني. يمكننا تقديم مثل يثير النقاش: إنّ بعض سبل الملاحة الفرنسية، لا سيّما القنوات التي تصل بين أنهار السين، اللوار والساوون هي منتجات عصر تقني سابق: فقد شقّت من أجل زوارق تزن من 180 إلى 300 طنّ على الأكثر، مكتفية بمترين اثنين كمسحوب للمياه. اليوم تتطلّب تقنيات النقل بالمراكب الجديدة، الزوارق المزوّدة بمحرّكات، و «دفع» القوافل سبلاً جديدة كبيرة. لقد تحدّد المعيار «الأوروبي» لفترة طويلة بـ 1350 طن، وعلى هذا الأساس فتحت الطرق النهرية على محاور الراين، السين، والواز l'Oise. ولكن كان من الصعب تحديث الأقنية الصغيرة في منطقتي البورغوني Bourgogne والنيفرني Nivernais لأنّ قدم وسائلها التقنية يجعل حركة المرور ضعيفة وبالمقابل لا تشجّع دراسة السوق على استثمار جديد. ممّا أدّى إلى ظهور عتبة معيّنة: أقلّ من مليون طن سنوياً هي حكر على القناة القديمة المخصّصة للمراكب النهرية الحرفية، وللنزهات السياحية، أمّا التطوّر فقد انتقل إلى الطرق الواسعة.

كلّنا نعرف أيّ «اقتصاد قياس» تحقّقه السفينة الكبيرة ناقلة البترول. إنّ ضخامة حجم السفن تقيّد المرافىء، لذا تفرض فكرة «المرفأ الشاسع» نفسها بالنسبة لجهاز مثل مرفأ الهافر ـ أنتيفير le Havre - Antifer في فرنسا، والذي التزم بسباق لا يتوقّف للاستثمارات: حاجز بطول 3, 5 كلم، مدخل للميناء محفور على عمق 25 متراً ـ وربّما 30 في حال تجاوزت الناقلات 500000 طن. فوق هذا على المرفأ الكبير الحديث باستمرار أن يتقن تجهيز المسافنة وطرق اتّصاله نحو الداخل. إذا كانت مرافىء الهافر، أنفير Anvers، هامبورغ، روتردام ونيويورك تتقدّم المراكز في منافسة محتدمة فهذا لأنّها تعتمد الحداثة على مستويات ثلاثة: أعماق كبيرة، أدوات كبيرة، طرق إتّصال واسعة مع داخل البلاد. هكذا نفهم بصورة أفضل كيف أنّ الحياة البحرية الفرنسية تعتمد أكثر فأكثر على ثلاثة مرافىء ضخمة: السين الواطىء، مارسيليا ـ فوس ودنكرك. أكثر من ثلثي حركة المرور العالمية تتمّ عبر حوالي 65 مرفأ: 45 في أوروبا، 12 في أمريكا الشمالية، 8 في اليابان! البلاد الفقيرة لا تشذّ عن هذه القاعدة بل بالعكس: في المغرب يتضمّن مجمّع الدار البيضاء ـ فضالة ثلاثة أرباع حركة المرور وأساس الاستثمارات الكبيرة. أمّا بالنسبة لأوّل مرفأ في العالم، روتردام، فيستأثر بحوالي «عشر» مجموعة الشحن العالمي ـ مع 15000 عامل على رصيفه فقط، ولكن مليارات الفلورين للتجهيزات.

المطارات هي دون شك حديثة جدّاً ووظيفتها التجارية أخذت بالتطوّر منذ وقت

قليل جدّاً ممّا لا يسمح لنا بإعطاء حكم واضح حول التجمّع الذي تحدثه. ولكن نرى فيها نفس الميول التي شهدتها المرافىء: كبر في حجم الأجهزة، اتّساع في مساحة المدارج، كلفة خيالية في تجهيزات المراقبة. لقد كلّف المطار الجديد في باريس ـ رواسي ١٧٠٠ مليون فرنك، وهو يغطّي ٣٠ كلم مربّعاً، وقد تطلّب تعاون خمسمائة شركة صناعة وخدمات من أجل بنائه. المطار الجديد في دالاس ـ فورت وورث Dallas Fort - Worth (تكساس) هو أكبر بمّرتين وكلّف أيضاً مرّتين أكثر: فالشبكة الداخلية للاتّصال والمعلوماتية هي أكثر تطوّراً. فقط بضع عشرات من المطارات الكبيرة العالمية، الواقعة في المراكز الأكثف والأغنى من العالم بإمكانها أن تستوعب أعمالاً كهذه. في أوروبا الغربية: لندن، باريس، فرنكفورت، زوريخ، روما، وربّما أمستردام وكوبنهاغن، أي مطار كبير في كلّ دولة! هنا نفهم جملة ج. لاباس J. Labasse: «المطار الدولي يكرّس الإنجازات المدينية».

معامل الصناعة الثقيلة شهدت معيارها يرتفع باستمرار. خلال عشرين سنة اجتازت المفاعلات الحرارية «ثلاث درجات تكنولوجية» وضاعفت قوّتها أربع مرّات (125، 250، ثمّ 500 ميغاواط). أحدث المفاعلات الحرارية في فرنسا، بالقرب من الهافر، بالقرب من باريس، ترفع مدخناتها على علو ثلاثمائة متر. كان مصنع الألومينيوم في جبال الألب سنة 1910 قد أقيم ليعالج سنوياً بضع عشرات آلاف الأطنان؛ لقد أصبح هذا المصنع باطلاً، في وضع عسير. كذلك المصنع الحديدي، الذي أقيم على أساس طرق توماس ومارتان أصبح قديماً. إنّ التقنيات الجديدة في صنع الفولاذ على الأوكسيجين وفي التصفيح المتواصل للفولاذ تتطلّب استثمارات ضخمة، تقود إلى المصنع المتكامل ولا تعتبر مزبحة تماماً إلاّ متى كانت تنتج خمسة ملايين طن من الفولاذ سنوياً. هذه الوحدات الجديدة استأثرت بالمواقع الجديدة على محاور الاتّصال الكبيرة وفي المرافىء: في فرنسا، وادي لاموزيل la Moselle المعدّ للإنتاج الكبير، دنكرك، فوس ـ مارسيليا. أمّا مجمّع غاري ـ شيكاغو للصناعة الحديدية الذي كان لفترة من الفترات الأقوى في العالم ـ ٩ مليون طن من الفولاذ اليوم ـ فقد تجاوزته إنجازات الروس في كريفوي ـ روغ Krivoï - Rog ومانييتوغورسك Magnitogorsk واليابانيين في فوكوياما Fukuyama.

والبعض تكلّم عن «تخفيف من المصانع الكبيرة» في مساحة صناعية موسّعة (س. ويكام S. Wickam). المصانع الكيميائية الكبيرة التي تصنع الإتيلين، والمواد البلاستيكية، تعمل اليوم على إيقاع مليون طن سنوياً. مذ ذاك اختفى اقتسام العمل بين أشخاص منشغلين حول مراكز مختلفة كي يفسح المجال أمام عملية شاملة، متواصلة ومتآلية. هنا نشعر بآثار قاعدة اقتصادية القياس. باكراً جدّاً اعتمدت مصانع تركيب السيارات في ولاية دترويت،

ومن بعدها في العالم أجمع، مبدأ سلاسل الإنتاج موحّدة النمط: لم يعد بالإمكان النظر إليها إلاّ كمؤسّسات ضخمة في فرنسا، فلان Flins في الضاحية الباريسية، ساندوفيل Sandouville بالقرب من ضاحية الهافر، سوشو ـ مونتبيليار Sochaux - Montbéliard، إلخ.، تظهر أنّه لم يعد بالإمكان وضع مصانع كهذه إلاّ في تجمّعات مدينية كثيفة بما يكفي وعلى محاور مواصلات كبيرة.

ترتبط المدينة الكبيرة ارتباطاً وثيقاً بالتطوّر التقني، فهي تفرزه، تشهد ولادة التجديدات الكبيرة، تضعها موضع التنفيذ. في الوقت نفسه لا يفتأ التطوّر التقني يقولبها باستمرار. إنّها الاصطناع من الدرجة الأولى: إسفلت، باطون، فولاذ. حتّى المساحة الخضراء والنهر المنظّم بين الأرصفة فقدا من طبيعتيهما. «واجهة» التطوّر، كما يقول ج بورغيل G. Burgel عن أثينا اليوم، تجتذب هذه المدينة التجديدات قبل كلّ شيء.

إنّ مدينة كبيرة مثل باريس تظهر اليوم بوضوح هذه العمليات التراكمية الناشطة. إذ إن أحدث فروع النشاط والمجتمع الذي يعيش منها تتراكم فيها باستمرار. مع أقلّ من 20% من مجموع عدد الفرنسيين تستقطب باريس ثلث المؤسّسات الصناعية والتجارية الكبيرة، أكثر من نصف الرحبة المعلوماتية، وما يقارب ثلثي الباحثين الفرنسيين. لكن هذا المجتمع المنجذب بتطلعّات العمل في باريس هو أفضل زبون للتكنولوجيا الحديثة. لقد أمكن تقدير متوسّط الدخل الباريسي بالمؤشّر 140 بالنسبة لمتوسّط فرنسي يبلغ 100. وفيها يُستهلك قدر أكبر من المنتجات الصناعية، من الخدمات، من وسائل النقل، من الاتّصالات الهاتفية أكثر من أيّ مكان آخر. إنّ صعوبات الحياة نفسها في المدينة الكبيرة تغذّي هذه الاستهلاكات.

باستثناء بعض الفوارق، الاستقطاب الذي تتميّز به المدن الكبيرة هو ظاهرة عالمية. بمعرض دراسته لكولومبيا، يظهر الآن غيلبرت Allan Gilbert كيف ينشيء الصناعيون ورجال الأعمال مصانعهم ومكاتبهم الجديدة في بوغوتا، إذ يفضّلونها على المراكز الإقليمية الأصغر حجماً ـ ميديّلين Medellin، كالي Cali، بارانكيا Baranquilla ـ وخاصّة على المدن الصغيرة التي تفتقر إلى أي أسيسة. القاعدة الاقتصادية التي تقدّمها بوغوتا هي أغنى وأكثر تنوّعاً منها في أي مكان آخر. والسكّان الذين يأتون ويزيدون من شوارع وأحياء بوغوتا يجدون فيها، أو يطمحون إلى إيجاد سوق عمل أوسع وأغنى.

أمّا «عوائق» المدينة فلا تعود إلى اليوم. صحيح أنّ التطوّرات التقنية تعطي بعداً جديداً لمشاكل الازدحام وتشبّع المساحة المسكونة، لكن التناقض الأوّل ينتج عن كون وسائل المواصلات التي كانت أساس التوسّع المديني هي اليوم أقوى من أن تندرج ضمنه بانسجام.

نعود هنا إلى الموانىء الكبيرة. إنّ عملية تطوّرها، كما عمّمها ج. بيرد J. Bird، تظهر جيّداً انفصالاً تدريجياً للميناء عن قلب المدينة. في البدء يكون كلّ شيء متطابقاً، ثمّ تُقام الأرصفة جانبياً، أو على الضفّة المقابلة من المصبّ. تأتي بعد ذلك الأحواض الحديثة، المتّصلة بشكل خاص بمحطّات في الضاحية. وأخيراً المرافىء الأمامية في المياه العميقة مع أرصفتها المختصة ومناطق صناعية جديدة. مرسيليا، جنوى، لندن، ليفربول والعديد من المرافىء الكبيرة الأخرى تعاني اليوم من صعوبات كبيرة في التحكّم بالروابط بين النواة الأساسية والتجهيزات المرفئية التي تبتعد عشرات عديدة من الكيلومترات. لا شكّ في أنّه على السواحل اليابانية، بين كوبيه Kobé وأوساكا Osaka تُبنى أكبر الامتدادات البحرية للمدن المركزية القديمة تحت شكل «بلورات صناعية» ممتدّة في البحر.

المناقضة نفسها بالنسبة للمطارات؛ إذ يجدر بها أن تكون أقرب ما يمكن إلى قلب المدينة، ولكن للحفاظ على طابعها «الوظيفي»... تضطرّ للابتعاد عنه. أوّلاً: لا يمكن أن تقام المدارج الكبيرة إلاّ في الضاحية، ثانياً: الضجيج والخطر الذي تمثّله الأجهزة الكبيرة يدعمان هذا الميل للابتعاد. بعد أورلي Orly في باريس يتبع رواسي Roissy، وفي لندن يتطّلب هيثرو Heathrow الممتلىء إقامة مطار كبير لا يمكن إيجاده إلاّ على بعد مئة كلم عن السيتي City. في نيويورك كوكبة من المطارات. أينما كان تكمن المشكلة الأساسية في اجتياز المدينة والضاحية للوصول أخيراً إلى الطائرة.

من الواضح أنّ وسائل النقل الجديدة تجبر المدينة الكبيرة على فقدان شكلها الأساسي. بهذا الصدد تلعب السيّارة دوراً حاسماً. كانت المدينة القديمة، حتّى بعد بناء سكك الحديد، تحتفظ بمركز مميّز في وسطها وتأخذ غالباً شكل نجمة، حيث كلّ فرع جديد يمتدّ على طول السكك الحديدية وخطوط الترام. استعمال السيّارة يسمح بملء كلّ الفجوات التي أصبح من السهل بلوغها. الأمر هو عبارة عن تمدين مساحي ينشأ ويزيد كلّ يوم من صعوبة الوصول إلى مركز المدينة. هذه الظاهرة متقدّمة جدّاً في الولايات المتّحدة حيث تتناقض الضواحي الشاسعة مع «قلب مدينة» مدهش: فهناك نجد أبراج مكاتب العمل، ذات الهندسة الجريئة، إلى جانب المساكن المتواضعة والفقيرة.

تؤدي كلّ هذه العمليات إلى انتشار للمساحة وإعادة توزيع لنشاطات المدينة الكبيرة، التي أصبحت «تجمعاً مدينياً». كذلك أخذت الصناعة تهرب أبعد فأبعد عن المركز الممتلىء، وأقيمت مناطق خصّيصاً لها (industrial parks، مناطق صناعية) في الضاحية البعيدة. مثلاً ما يُسمّى «الطريق 128» في بوسطن، حيث تتجمّع على أوتوستراد خارجي، على بعد خمسة عشر ميلاً عن المركز، المصانع الجديدة، المختبرات ومؤسسات البحث،

وليس هذا المثل الوحيد. نرى في شيكاغو، في باريس، في طوكيو، في موسكو الميول نفسها. الأمر هو عبارة عن «تفكك» للجهاز المديني.

ولكن على مقياس المساحات الكبيرة والدول نجد المناطق القوّية ـ ولم نعد نقول النقاط القوية ـ متركزة جدّاً. في الولايات المتّحدة نرى المساحة تنتظم حول مئة منطقة مدينية يمكن تسميتها «الأنظمة المدينية اليومية». المركز وهو مدينة كبيرة وضاحيتها، أي نحو عدة مئات من آلاف السكّان ـ ما يؤمّن القاعدة الصناعية المتنوّعة، الخدمات الحديثة، المطار، التلفزيون المحلّي، الخ. حول المركز تسمح وسائل النقل الحديثة بتحديد مساحة متمدّنة معيّنة هي مسرح التنقّلات اليومية من أجل العمل، الخدمات، التسلية، ويميل شعاع هذه المساحة المتمدنة إلى بلوغ مئة كلم وأكثر. أليس هذا نموذجاً شبه عام ينتشر في أنحاء العالم؟ وهو يعبّر عن امتلاء المساحة في المدينة التقليدية، ولكن لا يسمح بالكلام عن تناقص في المدينية، بل بالعكس.

هنا يكمن التناقض الأخير للمنطقة المدينية تجاه التطوّر التقني. لقد اعتُمد كثيراً على التكنولوجيات الجديدة ـ السيارة، الكهرباء ـ من أجل توزيع فعلي للنشاط البشري نحو المدن الصغيرة، أو حتّى نحو الريف. كذلك يُنتظر من التقنيات الأكثر تقدّماً في مجال الاتّصال نفس النتائج. وهي تتأخر في الوصول. إنّ تكهّنات عالم الجغرافيا براين ل. بيري Bryan L. Berry حول «الولايات المتّحدة سنة 2000» تبدو مثيرة: بفضل تطوّر الإعلام المسافي، مع التلفون ـ التلفزيون، وجهاز صورة مجسّمة للمحاور البعيد، سيكون بإمكان النشاطات أن تبتعد نهائياً عن المدن الكبيرة. إنّ سرعة عملية كهذه هي عرضة للشكّ (ب. بيري B. Berry).

إذا كانت المدينة الكبيرة ما تزال تملك هذا النفوذ المستقطب، فهذا دون شك لأنّها تمثّل أفضل مركز للقيادة، المركز الذي يؤمّن العلاقات بين كلّ التقنيات: أعمال، معاملات تجارية، إدارة. إنّ التطوّرات التقنية تجري بسرعة تجعل الحاجة أكثر إلحاحاً من أيّ وقت مضى، لدى السلطات العليا، لإجراء الاجتماعات والاتّصالات الشخصية. إذا كانت المصانع ووحدات السكن أكثر حرّية في اختيار مواقعها من الماضي، يبدو أنّ الوظائف «الثالثة» الأرفع تبقى متعلّقة جدّاً بالمدينة. ويذكّرنا بهذا الأمر ج. لاباس J. Labasse في أحد كتبه. المساحة المالية تبقى متركّزة جدّاً، لا بل هي مضاعفة التركّز. أوّلاً لأنّه على الصعيد العالمي، تستمرّ لندن، نيويورك، ساوباولو، طوكيو، باريس، فرنكفورت بتأمين الدور المدير؛ تورنتو ومونتريال تجمعان ثلثي القوّة المالية في كندا؛ أمّا باريس، التي تحتفظ بنوع من رقم قياسي، فتجمع تسعة أعشار المصرف الفرنسي. من جهة أخرى، على صعيد المدينة

الكبيرة، يبقى شارع المصارف وشارع المؤسّسات الكبيرة متعلّقين بالمركز القديم: مانهاتن Manhattan (نيويورك)، السيتي City في لندن. «يبقى المدراء بحاجة مستمرّة للاتّصال بالمدراء الآخرين». أقدم تقنيات النظام الصناعية وأقلّها ظهوراً، أي المصرف، تبقى متعلّقة ببعض الأماكن ذات الاعتبار.

تباين التطوّر التقني جغرافياً

بالرغم من الانتشار الأكيد للنظام الصناعي، فإنّ الجغرافيا تعيدنا دوماً إلى التنوّع، إلى الخليط، إلى التناقضات. لاس ڤيغاس Las Vegas هي عبارة عن إنتاج كامل لتكنولوجيا اليوم، وعند الطرف الثاني من السلسلة نجد قرية في جبال الكاميرون تقبل بصعوبة بعض الأدوات الصناعية. نحطّ في المطار السياحي الكبير في بالما دي مايوركا Palma de Majorque بعد التحليق فوق طواحين جميلة ومهجورة تعود إلى القرن التاسع عشر. السوق الموجود على الماء في بانكوك، وسوق فاس ما يزالان قائمين ويحاولان أن يعملا بغير صفتهما مخلّفات معدّة لاجتذاب اهتمام السيّاح. الطاقة الصناعية موجودة في كلّ مكان، لكن الأمريكي يستهلك سنوياً ما يعادل 8000 كلغ من الفحم، بينما مواطن نيجيريا، وهو ليس الأكثر بؤساً، يستهلك 200 كلغ. في بلجيكا نجد شبكة طرقات أكثف بثلاثمائة مرّة ـ وذات نوعية أفضل ـ من الشبكة الموجودة في التشاد أو في أثيوبيا.

البيئات الجغرافية والتجديد

علينا هنا أن نتناول مسألة صعبة هي مسألة الدور الحقيقي الذي تلعبه البيئة الجغرافية. وهي مسألة تطرح في كلّ عصر وكلّ مكان. لنستمع إلى ف. إندري W. Endrei، مؤرّخ تقنيات الصناعة النسيجية:

كيف يمكن تفسير تطوّر التقنيات في بعض المناطق وركودها في مناطق أخرى؟ ما هي أسباب هذه التقدّمات وهذه التأخرات؟ (...) بعد تخطيها التقنيات التي تسمّرت في الشرق، لم تتوقّف أوروبا، على مدى قرون، عن الاحتفاظ بصدارة التطوّر.

هناك العديد من الكتب التي تركّز على حالات تجديد حرّة جدّاً، وهي لا تخلو من بعض «نزعة عرقية» تتعلّق بالروح الاختراعية المحضة. لا تتدخّل البيئة الجغرافية إلاّ كمكان ولادة صاحب المبادرة. إنّ التقنية الجديدة تُقيم ببساطة حيث تنبثق الفكرة. لا يسعنا أن نرفض هذا الرأي ولكن نعتبره غير كاف دون شك. روسلهايم Rüsselheim، بين ماينز وفرنكفورت في ألمانيا، ربّما لم تكن أكثر من مجرّد ضيعة إن لم يكن قد ولد فيها آدم

أوبل Adam Opel وعرف خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر كيف يتبنّى تطوّرات الصناعة الميكانيكية (آلات للخياطة، ثمّ درّاجات، ثمّ سيّارات). ماذا كانت كليرمون ـ فيرّان Clermont - Ferrand دون «سلسلة من الصدف» التي وضعت فيها الأخوان ميشلان Michelin، روّاد صناعة المطّاطيات الهوائية؟ كذلك مدينة مازاميه Mazamet الصغيرة في منطقة التارن Tarn في فرنسا، ما تزال تعيش من فكرة قديمة انبثقت، كما قيل، عن ذهن أحد المقاولين، هوليس Houlès. كنّا في عام 1860 وكانت الفكرة تقوم على شراء جلود الخراف بصوفها والتي لم يكن بعض مربّي الماشية الأرجنتينيين والأستراليين يعرفون ماذا يفعلون بها. هكذا ولدت صناعة مميّزة جدّاً هي صناعة نتف الصوف من الجلود وقد ساهمت في ازدهار مازاميه. كذلك في الولايات المتّحدة لاحظنا كيف ساهم هنري فورد Henri Ford بازدهار دترويت، وكيف أنّ وصول عائلة دوبون دو نومور Dupont de Nemours إلى ولمنغتون Wilmington يفسّر تطوّر الصناعة الكيميائية فيها، الخ.

وتتعقّد الأمور بعض الشيء عندما يأتي التجديد مع وافدين جدد. عندئذٍ نركّز على مكان الأصل الذي يبثّ معرفة مكتسبة. إن اسم انكلترا الجديدة New England هو في محلّه، على الأقلّ في فترة أولى. صموئيل سلايتر Samuel Slater الذي عمل لدى أركرايت Arkwright في نوتنغهام Nottingham، إنشاء أولى مصانع القطن في أمريكا، حتماً حسب نموذج مشابه. داخل الأوروغواي اليوم، وهي بلد فقيرة من حيث المدن الصناعية، هناك استثناء: مدينة بايساندو Paysandu. إنّ هذه المدينة التي تنشط فيها مصانع الجلد، الصوف، والمعلّبات الزراعية تدين بتميّزها لبعض العائلات المهاجِرة الإيطالية والفرنسية الوافدة من مناطق صناعية (كولان ـ دولافوه Collin - Delavaud).

أمّا تفسير التطّور عبر المقاول المنفرد فيبقى غير كافٍ تقريباً على الدوام. الأمر هو عبارة عن لقاء. هذه مثلاً مدينة غلاسكو Glasgow ، وهي مركز كبير لصناعة السفن. عند نهاية القرن الثامن عشر كانت تُصنع السفن الشراعية على طول مصبّ نهر الكلايد Clyde ولكن لم يكن هذا اختصاص المرفأ الحقيقي، فقد أُعدّ أساساً للتجارة مع أمريكا. ضمن أيّ ظروف بالضبط كان بناة السفن (مثل مؤسّسة وود Wood) يلتقون مع صانعي مولّدات البخار و «الآلات النارية» (مثل نابير Napier)؟ لقد صنعت أولى السفن البخارية في غلاسكو وأنشىء خطّ متواضع يصل بلفاست Belfast منذ سنة 1818. كما أُقيم مصنع حديث دعا إلى مشاريع جديدة. كيف جرى لقاء ثان بعد ستين سنة بين ناس الورش وصانعي الفولاذ؟ سنة 1879 انطلقت أوّل سفينة بحرية من الفولاذ من ورش عمل الكلايد. عندئذٍ استقطبت مدينة غلاسكو الشركات القوية في الصناعة الحديدية ـ لاسيّما شيفيلد Sheffield ـ التي

دعمت أيضاً التجديد أكثر فأكثر (ر. ميلر R. Miller).

خلف صناعة السيّارات في تورينو، يقرّب. غابير P. Gabert بدور أوّل برنامج وضعه رجل يتمتّع بحسّ المبادرة هو جيوفاني أغنيلي Giovanni Agnlli. وكان شخصية متميّزة؛ «ضابط لا يميل إلى الجيش» وهو الرجل الذي أنشأ شركة فيات F.I.A.T. ولكن لا يمكن فصله عن أشخاص آخرين، انبثقوا عن البورجوازية التورينية الشابّة وتميّزوا «بولعهم بسباقات السيارات». كذلك لا يمكن فصله عن التقليد الصناعي في تورينو، حيث احتفظت المحارف الحديدية ورحبات العاصمة البيامونتية (نسبة إلى منطقة بيامونت Piémont) بفنّ صناعة المركبات المعدنية، وتقدّم الكثير من العمّال الماهرين إلى شركة فيات. باختصار، ساهم موقع تورينو الجغرافي في خلال السنوات 1900 وتاريخ مديني بالتوصّل إلى التجديد.

تجمّع والتقاء التقنيات ليس سوى قسم من التجديد. تبدو مدينة غرونوبل Grenoble في شمالي جبال الألب الفرنسية أنّها جمعت في جيل بشري (1865-1895) المقاولين والتقنيين الرئيسيين الذين أفضى عملهم إلى التجهيز الهيدروكهربائي: بيرج Berges الذي كيّف التربينة مع الشلاّلات العالية من أجل حاجات الصناعة الورقية، ديبريز Desprez الذي نجح في نقل التيار على خطوط قصيرة، هيروه Héroult الذي أنشأ أوّل أفران كهربائية، الخ. لكن ج. لاباس يذكّرنا أنّ شبكة المصارف الإقليمية لعبت دوراً هامّاً وحاسماً لتصريف رؤوس الأموال نحو المؤسّسات الأولى. نبقى في نفس المنطقة ونشير إلى مدينة أنّيسي Annecy الحديثة التي تدين بأولى تجهيزاتها الكبيرة إلى لقاء مهندس كهربائي - بارو Barut - مع رجل مصارف - ليدرنييه Laydernier -، وقد نُسي كلّ منهما اليوم، ولكن هما اللذان «أطلقا» المدينة نحو ما هي عليه اليوم: مدينة سياحة ومصانع تصنع أشياء عالية القيمة.

أي مصدر للتجديد لا يحافظ على صفته هذه إلاّ إذا كان يقبل التغيّرات العميقة. لقد نجحت مدينة مانشستر، وهي أوّل نموذج «للثورة الصناعية الأولى»، في أن تتقدّم صناعة القطن في العالم. كان هناك الكثير من العوامل التي ساهمت بهذا الازدهار الطويل الأمد: وجود الفحم قرب المصانع، شبكة سكك حديدية كثيفة، تقسيم منطقي للعمل بين الغزل، النسيج، والتجارة. اليوم نرى آبار المناجم تُغلق، القطن لا يباع كما يجب والصناعات الميكانيكية والالكترونية تستأثر بالساحة. إلاّ أنّ هذا التجدّد الضروري كان قد بدأ التحضير له، ربّما بشكل غير واضح. سنة 1894 عندما شُقّت القناة الكبيرة التي جعلت من مانشستر مرفأً بحرياً، هل كان هذا من أجل منافسة مدينة ليڤربول بالنسبة للاستيرادات وحسب؟ هل كان عبارة عن أوج ازدهار طويل أم بداية الانتباه إلى مشكلة العودة إلى سابق الأمور؟ يبقى أنّ المدينة وغرفة التجارة وافقا معاً على هذا التجهيز المكلف. وبسرعة ظهرت إلى جانب

المرفأ منطقة صناعية جديدة هي ترافورد باركس Traford Parks. قبل بدء الأزمة الحقيقية في الصناعة القطنية، افتتحت فروع جديدة مثل شركة الأجهزة الكهربائية وستنغهاوس Westinghouse التي ساهمت منذ سنة 1900 بجاذبية مانشستر جديدة.

إذن ندرك أنّ التاريخ الاجتماعي والاقتصادي وحده، مرتبطاً بالجغرافيا، يسمح لنا نوعاً ما بفهم كنه التجديدات التقنية في بيئة معيّنة. تقدّم لنا مثلاً مدينة ميلانو، عبر دراسة إ. دالماسو E. Dalmasso الشيّقة، صورة الخلق المتواصل لمدينة عالمية الإشعاع. لا شك في أنّ موقع ميلانو له أهمّيته ولكن لا يكفي أن تكون المدينة مفترق طرق دون تجهيز، حيث نرى ممرّات سان ـ غوتار Saint - Gothard وسمبلون Simplon في جبال الألب مجهّزة بسكك حديدية بالرغم من الصعوبات الكبيرة التي اعترضت العمل سنة 1882 و 1906. كذلك عرفت ميلانو كيف تختار موقعها على مفترق طرقات سيّارة، كما أنّ مطاري ليناتي Linate و مالبنسا Malpensa، والأقنية المستحدثة باتّجاه البو Pô ساهمت بإنجاز ما يزال يستوعب التجديد: «أمام كلّ تطوّر تقني يردّ أهل ميلانو بتكييف نظام المواصلات القديم وتشكيل شبكة جديدة». ونرى نفس الكفاءة المجدّدة في مجال الصناعة. إنّ ما أوجد ثروة مدينة القرون الوسطى ـ صناعة الحرير ـ لم يعد يستأثر بالأهمية، بل إنّ الصناعات الأكثر «حداثة»، القطن وخاصّة الأنسجة الاصطناعية كانت الصناعات البديلة. كذلك غرقت صناعة السلاح التقليدية في بحر من المصانع الميكانيكية. من فرع إلى آخر نرى المؤسّسات «تُشتقّ» وتتطوّر؛ مثلاً الشركة التي تنتقل تدريجياً من القطن إلى صناعة أنوال النسيج، فالميكانيك العام فالتربينات. إنّ ميزة مصادر التجديد الكبيرة تكمن في قدرتها على تحقيق هذه التحوّلات بسهولة؛ ونجد أمثلة مشابهة في ليون كما في مانشستر.

إنّ مقرّ ميلانو يعيش من روح المبادرة والتجديد خاصّته وبعض الشركات الكبيرة هي من ميلانو بالأساس: بيريللي Pirelli، ألفاروميو Alfa - Romeo. ما يُضاف دوماً هو القدرة على الانفتاح واستيعاب مبادرات أخرى. إنّ شركة غوتار Gothard للسكك الحديدية هي ثمرة لقاء المصالح السويسرية مع الألمانية. وشركة إديسون هي قديمة جداً في ميلانو (1884) حتّى أنّها تُدرج في إطار الحديث عن تاريخ الكهرباء في منطقة لومبارديا الإيطالية. واليوم يبدو استيعاب الشركات الأمريكية الكبيرة (آي. بي. إم I.B.M، آي. تي. تي I.T.T) أمراً بديهياً، في مقرّ جغرافي عزم على البحث عن بعد عالمي (دالماسّو).

الجهود الجماعية لا تنجح دوماً في إيصال المدن والمناطق إلى القمم نفسها. إن مدينة بوردو Bordeaux الفرنسية توحي لِ ل. بابي L. Papy بفكرة «الفرص الضائعة». «لم تقتحم أبداً ميدان المشاريع الصناعية إلاّ مع بعض الحذر». هل لأنّها أصبحت منذ الباكر

مدينة برجوازية زراعية، تهتمّ قبل كلّ شيء بكرومها؟ لكن القرن الذي شهد ازدهار المدينة والمرفأ ـ القرن الثامن عشر ـ يُظهر طاقة من التجديدات في التجارة الاستعمارية: الانفتاح على جزر الأنتيل، تجارة السكّر والبن. ولكن بعد ذلك؟ لقد تركت بوردو عصر الثورة الصناعية يمرّ دون أن تستفيد منه. إنّنا نلمس في هذا تصرّفاً اجتماعياً لم يتوارَ عن مدينة الجيروند Gironde الجميلة (ل. بابي). يبدو أنّ المجتمع لا يفتح آفاق نشاط إلاّ ويُغلق أخرى.

أكثر مأساوية هي حالات الانحطاط. لقد عرفت مدينة بامبول Paimpol معنى التجديد في زمن صيد الأسماك التقليدي الكبير في إيسلندا؛ ثمّ عجز المرفأ عن تزويد قوارب الصيد الجيبية بما يلزم للحداثة: يبدو أنّه كان يفتقر إلى المبادرات ورؤوس الأموال. مدينة بوكير Beaucaire على الرون الواطىء، بقيت حتّى بداية القرن التاسع عشر أحد المراكز التجارية الكبيرة جنوبي فرنسا. هل هي الشروط الجديدة للمواصلات البحرية والقارية؟ ألا يتعلّق الأمر أيضاً بتقنية تجارية قديمة ـ السوق السنوي الكبير .؟ لا يبدو هناك أيّ مجال لعودة هذه المدينة الصغيرة إلى سابق مجدها. وتطول اللائحة بخصوص هذه الاندثارات من الخريطة الأوروبية.

كلّ ما تقدّم يدلّنا على أهميّة البيئات الجغرافية في عملية التجديد التقني. ولكن أليست هذه صورة بطلت نوعاً ما؟ إنّ المساحة الأوروبية خلال القرن التاسع عشر التي أعطتنا الأمثلة العديدة بقيت في مجالات كثيرة مغلقة مناطق صغيرة. اليوم كما نرى للنظام الصناعي احتياجات أخرى وأبعاد أخرى. لا يمكن مثلاً أن نقارن تنظيم مجرى نهر سان ـ لوران بقناة مانشستر، فالعديد من التطلّعات، على الصعيد العالمي، أدّت إلى هذا الإنجاز؛ حاجات كبيرة للكهرباء في كندا كما في الولايات المتّحدة، استثمار ثروات اللبرادور Labrador المنجمية... إنّ مونتريال وشيكاغو، وهما المدينتان الكبيرتان المعنيتان بالمشروع، لم تستطيعا التغلّب على مقاومة نيويورك إلاّ متى اجتمع عدد من الظروف الدولية. لم تعد المقاييس كما كانت في السابق.

التجديد التقني هو بجوهره نتيجة عمل الشركات القوية والدول. ويعلّمنا التوزيع الجغرافي لبراءات الاختراع أنّ البلدان ذات النشاط الخلاّق ـ في ما يتعلّق بالصناعة ـ هي قليلة العدد. هناك حوالي 100000 براءة تسجّل سنوياً من قبل الاتحاد السوفياتي، واليابان، وعدد أقلّ بقليل في الولايات المتّحدة. في أوروبا ألمانيا الغربية هي البلد الأنشط، أمّا المملكة المتحدة وفرنسا (نحو 35000 براءة لكلّ منهما) فيبدو أنّهما فقدتا قسماً من قدرتهما على التجديد. وتحتلّ بعض البلدان مركزاً لا مجال لقياسه مع بعدها الجغرافي:

هولندا وخاصّة سويسرا ـ أكثر من 25000 براءة. إنّها البلدان التي تتمتّع بجهاز علمي وتقني يسمح لها بأن تجدّد منهجياً وباستمرار. إنّ ما يُسمّى «البحث المُطوّر» يحوز في الولايات المتّحدة كلّ عام على 30 مليار دولار تقدّم نصفها الدولة والنصف الآخر من التمويل الخاص.

ما يتغيّر بأسرع ما يمكن هو الصفة العالمية للتجديدات، فقد أصبح كلّ بلد صناعي يسجّل براءات في البلدان الأخرى وقامت منافسة حقيقية من أجل استيراد الأفكار الصناعية، وفتح الفروع المستقلة في الخارج. بهذا الصدد التكنولوجيا الأمريكية هي اليوم القوّة المستعمرة الكبيرة، نحو كندا، أوروبا والبلدان الفقيرة. تحت وطأة هذا السباق الشامل هناك بعض البلدان التي تكاد تختنق، هكذا مثلاً الأرجنتين وكانت العادة قد جرت على اعتبارها بلداً صناعياً. اليوم صناعة السيارات وخاصّة التطوّرات الأحدث في «التكنولوجيا الرائجة» تزيد من تعلّق الأرجنتين أكثر فأكثر بالمهندسين الأمريكيين والأوروبيين.

أمّا بالنسبة لمثال اليابان، الذي يُذكر دائماً لإظهار إمكانية العبور من الفقر إلى التكنولوجيا العالية، فهو في الواقع مثل استثنائي. لقد استلزم مجهوداً امتدّ على أكثر من قرن (منذ 1868!) استهدف شراء التقنية الصناعية، استيعابها، تحسينها ـ وليس فقط نسخها كما يقول المتسّرعون أحياناً. منذ عهد قريب حمل هذا المجهود ثماره وأصبحت اليابان تبيع التقنيات المتقدمة؛ تربية الأسماك، أدوية، صناعة البروتينات، أسرع القطارات الكهربائية، دون أن ننسى «الصناعات المضادّة للتلوّث» التي تحتاجها اليابان نفسها. كلّ هذه المسيرة استلزمت اتّحاد الشركات الكبيرة، الجامعة والدولة في مجال البحث الحديث، وكذلك سرعة اعتماد للمنتوج من قبل المستهلكين هي الأكبر في العالم: بينما كان يلزم ثماني أو عشر سنوات للوصول إلى تجهيز المنازل بالثلاّجات وبأجهزة التلفزيون في البلدان الأوروبية، اكتفت اليابان بأربع أو خمس سنوات. اليوم مجمل السلوك الوطني هو الذي يوجّه مشاهد التطوّر التقني المتقدّم.

الصمود «الحرفي»

ـ الزراعة ـ

إنّ الانتشار الجغرافي للتكنولوجيا العالية، لشبكات الاتّصال الكبيرة، للنظام الصناعي، هو أمر لا مجال لمناقشته. مع هذا ما يزال يدور حوله عالم من النشاطات القديمة، من المؤسّسات القديمة، عالم لا يخضع تماماً لإغراءات النظام. ولم نجد لتسمية صفة غير «العالم الحرفي».

لا يمكن للصناعة الكبيرة أن تؤمّن كلّ وظائف الإنتاج وليس في مصلحتها القيام بذلك. بهذا نفسّر استمرار الأشكال شبه الحرفية على هامش صناعة السيارات، الصناعة الكهربائية، الالكترونية، الخ. فهناك مشاغل صغيرة تقوم بصنع نماذج الملحقات (الأكسسوار) والقطع الخاصّة، ومهن قديمة، منبثقة عن «أنواع الحياة»، تتلقّى توجيهات من قبل أقوى الشركات في عصرنا. «النجارة الصناعية»، «الحدادة الصناعية»، «تقوير المعادن»، بإمكانها أن تعمل ضمن وضع نسمّيه المقاولة من الباطن. أمّا نشاطات التصليح فهي مجالات لحرفية مجدَّدة.

تحتفظ بعض المناطق الأوروبية الصغيرة بطابع الصناعات المتشتّتة، التي تستعمل القليل من رأس المال. في سافوا العليا Haute - Savoie، نجد هذا الطابع في وادي الآرف L'Arve: حول كلوز Cluses وفي بعض الضياع الصغيرة تنتشر مشاغل تقوير يديرها أرباب عمل صغار وحرفيون. إنّهم يتلقّون التوجيهات من صناعة السيارات الكبيرة في باريس، إنّهم ثمرة تطوّر حرفي ناجح تعود جذوره إلى صناعة الساعات المنزلية. كان العمل يجري لصالح جنيف، ثمّ أصبح كلّ يعمل لصالحه الخاص. يدهشنا أكثر مثل منطقة الغابة السوداء في ألمانيا وقد دفعت بالحرفية القديمة خطوات بعيدة نحو التصنيع؛ إنّها منطقة وعرة، ترتفع نحو 700 متر عن سطح البحر وتبتعد عن المدن الكبيرة ـ شتوتغارت Stuttgart تقع على بعد مئة كيلومتر ـ والقرى ـ فيلنغن Villingen، سان جورج ـ هي التي تحتوي على شركات مشهورة في صناعة التلفزيون ومدوّرات الأسطوانات. في الأصل نلتقي مجدّداً بفنّ صناعة الساعات حيث ما تزال العائلات نفسها تحتفظ اليوم كما في القرن الثامن عشر بإدارة المعامل، التي أصبحت مصانع صغيرة عالية الجودة. إنّ اتّخاذ القرار ما دام يتمّ محلّياً، بالرغم من وجود علاقات لا بدّ منها مع النظام الصناعي العالمي. هنا يكمن مثل جدير بالملاحظة حول الثبات الجغرافي والتطوّر التكنولوجي المتقدّم: إنّه مثل فريد من نوعه (أ. توماس).

ما تزال صناعات «اليد العاملة» قائمة في العديد من القطاعات. ما أن تصبح تكاليف الرواتب في المنتوج النهائي 60% وحتّى 80% كما الحالة مع صناعة الملابس والصناعات الكمالية ـ كريستال، مجوهرات ـ حتّى يصبح دور «اقتصاد القياس» صغيراً ويبقى المشغل ضمن مواقعه التقليدية. إنّ حيّ السانتييه Sentier في باريس يحتفظ برهط من الحرفيين وما تفتأ تغييرات الموضة المستمرّة تدعم بالنهاية «المهارة» الحرفية. كذلك في لندن، في نيويورك، نجد حيّ الخيّاطين والعاملات التي تعمل في المنزل، كما في الماضي. هنا يصعب تكييف شبكة الصناعة الكبيرة، إذ إنّ الأمر لا يقتصر على الدور الكبير الذي يلعبه

العامل في الإنتاج بل أيضاً كون الزبون يطلب دوماً احتكاكاً شخصياً مع هذا الإنتاج. الطباعة، النشر، بالرغم من تطوّر سريع جدّاً نحو التصنيع، ما يزالان يحتفظان بشيء من هذا المناخ الحرفي.

لا خطر على الحرفية الفنية من الاختفاء، فهي تنطبق على الأشكال السياحية الأحدث. في فلورنسا، من ساحة الولاية إلى بونتي فيكيو Ponte Vecchio، نرى الواجهات التي تعرض الأقمشة المطرّزة، والخشبيات والجلديات المرصّعة ممتلئة بعمل حرفيين حقيقيين. اليوم لا تُعرف هذه الأحياء كثيراً ـ سان فديانو San Fediano، سانتا كروتشي Santa Croce ـ وننسى أنّ قرية توسكانا ما تزال تساهم بنظام العمل الحرفي المنزلي القديم. كلّ هذه الأشياء تُعدّ من أجل الزبائن الأكثر عصرية وثراء، من لندن أو من المدن الأمريكية الكبيرة (ج ـ ب. شاريبه J. B. Charrier).

ألا يتعيّن في عدد من الفروع الصناعية أن نميّز بين ما يتعلّق بصورة أساسية بالإنتاج الغزير وما يتعلّق بمهارة خاصّة؟ إذا كانت الصناعات الزجاجية تخضع بمعظمها لنظام الصناعة الكبيرة المتركّزة جغرافياً ـ لياج Liège، ايسين Essen، بتسبرغ Pittsburgh .، فهذا لا يحول دون الانتشار القديم للزجاج عالي النوعية: يينا Iéna في ألمانيا، باكارا Baccarat في فرنسا. وفي فرنسا دوماً تمثّل صناعة السكاكين (تييه Thiers)، صناعة القفازات (سان جونيان Saint - Junien، ميلّوه Millau) قلاعاً للحرفية القديمة. من الصعب إدراجها ضمن فئات عصرنا الصناعية لكن هذا لا ينفي وجودها. في توسكانا، ما تزال مدينة براتو Prato القديمة تمارس منذ قرون عملاً نسيجياً فريداً من نوعه: غزل ونسج الصوف انطلاقاً من خرق قديمة وثياب تُجمع من العالم كلّه. إنّ هذه التقنيات غير الامتثالية، التي تنبثق عن تخصّص حرفي قديم، تحتفظ بشيء من الماضي.

حتّى متى، قد يُقال: في الواقع نشهد اليوم زحف الصناعة الكيميائية الكبيرة نحو صناعة العطور الحرفية القديمة. في فرنسا، كانت غراس Grasse مركز العطّارين الذين يعرفون معالجة الزهور المتوسّطية من أجل استخلاص العطور الطبيعية (ورد، ياسمين، خزامى، قرنفل، الخ). إلاّ أنّ ظهور المواد الكيميائية في صناعة العطور أدّى إلى إقامة مراكز جديدة: تقع المصانع الكبيرة في ضاحية ليون وفي ضاحية باريس ضمن حلقة تؤدّي أيضاً إلى أفخم المحلاّت الباريسية وإلى أمكنة «الخدمة الذاتية» في الميادين التجارية الكبيرة (ج. دي ميو G. Di Meo). أخيراً يتعلّق مستقبل حرفية صناعة العطور بذوق المستهلكين وبقدرتهم على شراء منتجات «خاصّة» وباهظة.

أمّا صيد الأسماك، وهو نشاط قديم، فهل ما زال نوعاً من الحياة الحرفية؟ هل أصبح

صناعة؟ في الحقيقة كلّ المظاهر نراها موجودة على شواطىء المعمورة.

إنّ حصّة الصيد الصناعية ما تبرح آخذة في الكبر، ويأتي نجاحها من فعاليتها التقنية ومن ميزتها العلمية. ودرجة الإنتاج لا مثيل لها: فبإمكان قارب ـ مصنع أن يعالج 5000 طن من السمك سنوياً يرافقه أسطول حقيقي. في اليابان، في الاتحاد السوفياتي، ينعم البحث العلمي والتقني بقروض كبيرة ويكتشف باستمرار وسائل جديدة لزيادة المردودات. هناك شركة انكليزية كبيرة (Associated Fisheries) تملك مئة من السفن الحديثة تتوزّع على شبكة من المرافىء (هول Hull، غريمسبي Grimsby، فليتوود Fleetwood) المزوّدة بوسائل مواصلات سريعة ومتقنة نحو أماكن الاستهلاك. إنّها بحقّ صورة شبكة صناعية، تؤلّف سلسلة تكنولوجية حديثة وطويلة: رادارات، قوارب، سلاسل تبريد، ويعود مردود النظام بشكل خاص إلى قدرته في التنقيب عن المناطق الجديدة: غرونلاند Groenland، البيرو، سواحل إفريقيا. كما أصبحت كاياو Callao منذ بضع سنوات أحد أكبر مرافىء صيد الأسماك في العالم لأنّها ثمرة الصناعة البحرية الجديدة: وهنا ظاهرة شبيهة بإبراز الثروات المنجمية، مع نفس النجاحات ونفس الإسرافات.

إلاّ أنّ الصيد الحرفي ما زال قائماً في معظم الشواطىء المدارية في آسيا وفي إفريقيا، وهو محدود من حيث فعالية طرقه وأدواته: صنّارات، كمائن، شباك تتغيّر بصورة بطيئة. هنا نرى شبكة النيلون، هناك أولى المحرّكات. الزورق يبقى صغيراً والخروج إلى عرض البحر قليلاً. في أوروبا يمكننا الكلام عن صيد سمك حرفي في المرافىء النروجية الصغيرة، في بريتانيْ Bretagne، وخاصّة في البرتغال. وتصنّف الإحصائيات الحرفي من يملك زورقاً صغير الحجم: الحدّ العشوائي جدّاً هو مثلاً خمسون برميلاً. تأخذ الحرفية طابعاً أكبر إذا كان الصيّاد يحفظ الأسماك: هكذا في شمالي النروج وفي جزر لوفوتن Lofoten حيث بقيت تقنيات تجفيف سمك المورة القديمة على ما هي. وكما بالنسبة للصناعة نرى أنّ صيد الأسماك الحرفي يحتفظ يعض المجالات: هكذا صيد الكركند، وهو أقلّ سهولة للتصنيع من صيد السمك، يبقي على مناخ حرفي في بعض المرافىء البريتانية في فرنسا(دوارنينيز Douarnenez، كامارِيه Camaret). كذلك تحتفظ تربية المحار، البطيئة، التي تؤدّي إلى إنتاج كمالي، بمشاهد حرفية قديمة (أوليرون Oléron، أركاشون Arcachon).

إذن يمثل احتكاك صيد الأسماك الصناعي والصيد الحرفي ظاهرة مهمّة بالنسبة لعالم الجغرافيا. الدخول المفاجىء للسفن الكبيرة المؤجّرة لليابانيين إلى مرافىء مدغشقر هل يلغي الصيد الصغير المحلّي؟ لا يمكن التأكيد على أمر كهذا لأنّ الصيد الصناعي يهتمّ فقط

بعض الأنواع ـ مثلاً القريدس ـ والنظام الجديد موجود فقط في بعض المرافىء التي ترى فيه فرصة لتنمية صناعة محلّية: مثلاً في ماجونغا Majunga. كذلك عرفت الجهة المتوسّطية من فرنسا منذ سنة 1960 هذا الاحتكاك بين الصيد الصغير المحلّي وصيد مجهّز أكثر: لقد أتى المجدّدون من الجزائر وحملوا معهم تقنيات جديدة في فترة كان يكبر فيها الشعور بالحاجة إلى الاستحداث بشكل عام. إلاّ أنّ النتائج جاءت متفاوتة: بور ـ فاندر Port - Vendres،سيت Sète ومرسيليا تطوّرت بسرعة لكن المرافىء البروفنسية الصغيرة وخاصّة مرافىء كورسيكا بقيت على حالها القديمة. ألا نرى في هذا استمرارية الميدان الحرفي، مدعوماً بطلب خاصّ كلّياً، هو طلب مجموعة الزبائن السياحية؟ (ج. بيزنسون J. Besançon.

تساهم الزراعة بحياة مئات الملايين من الأشخاص على هامش أو حتّى بمنأى عن النظام الصناعي، وهي تبدو كنوع من استثناء هائل لمبدأ تصنيع النشاطات السريع. كلّنا يدرك مدى تفرّدها وعمقه.

تقيم التقنيات الزراعية علاقاتها مع الأرض ومع بيئة حية: وهذا ما يميزها عن سائر التقنيات جميعاً. إنّها لا تملك فقط أرضاً، موقعاً بل تستعمل أيضاً تربة بقيت طويلاً أكبر وسيلة إنتاج وما زالت بحكم العمل فيها ومعالجتها. ما تنتجه الزراعة ليس شيئاً عادياً، بل إنتاجاً حيّاً؛ النباتات والحيوانات تخضع، وكلّ نوع على طريقته، لتقلّبات النمو، المرض الموت، كما أنّها لا تفلت من تقلبات المناخ: البرد، الحرارة، الجفاف والرطوبة تبقى من عناصر الإنتاج الزراعي، من عناصر عدم انتظامه كمّية ونوعية. أخيراً يبقى من الصعب تحديد هذه «النوعية» للمنتوج الغذائي الحاصل، فالمسألة تتعلّق أكثر منها في أيّ مكان آخر بالذوق، بالعادات... أفضل كلمة نجدها لإيجاز كلّ هذا أليست كلمة «مزدرع»؟

عندما نذكر «التأخّر التقني» في الزراعة ـ وهو أمر واقعي ـ يجب أن نفهم أوّلاً كلّ ما تملك تقنيات المزدرع من مميّزات خاصّة. إنّ الزارعين، في كلّ بقاع الأرض، تعلّموا كيف يحقّقوا توازناً معيّناً للإنتاج، مستقّلاً، فقط مع الوسائل الموجودة على المزدرع نفسه: العمل، الحيوانات والنباتات المزروعة، مياه المزدرع والتربة. عبر تركيبة فريدة من الوسائل يتوصّل كلّ مزدرع للتعويض، كلّ سنة، عن نقصان الخصوبة الذي تسبّبه المحاصيل. ويمكن لهذا التوازن أن يستغني كلّياً عن النظام الصناعي.

تحقّق التقنيات التقليدية «الخفيفة» مردودات ضعيفة ولكن تستعمل مساحات واسعة. في المزدرع احتياطات من الخصوبة يمكن للقطعان وللحقول نفسها أن تتنقّل فيها. في هذا توازن نموذجي، بدائي أحياناً، يميّز مزدرعات إفريقيا وأمريكا المدارية. غالباً ما نشاهد قسماً

من المزدرع مزروعاً بعناية ويتناقض مع محيط شبه «طبيعي». في السنغال، وفي السودان وصف علماء الجغرافيا هذا الترتيب المركّز على حقول يكرّس لها أساس العمل والسماد والذي يتتابع عبر دوائر من الحقول المؤقّتة التي تُستصلح من وقت لآخر عندما تدعو الحاجة. في الهند، في أوتار برادش، نميّز كذلك الأراضي المسمّدة من الأراضي العذراء. في كاستيا Castilla الجديدة في إسبانيا أليست الصورة نفسها التي تقودنا من القرية الكبيرة المحاطة بحقول القمح إلى بساتين الزيتون عند التلال وإلى الجبل الكبير حيث تسرح الغنميات قبل أخذها إلى وسط المزدرع لتخصيبه؟ كذلك فإنّ الحياة الرعوية الألبية، التي تجمع بين مروج الوديان ومراعي القمم تمثل، من خلال العديد من الكيفيات، نفس البحث عن توازن مستمر بمردود ضعيف. والمزارع الشاسعة في أمريكا اللاتينية، الناشئة عن ظروف مختلفة تماماً، ثمرة المضاربة التجارية، تذكّرنا بأن الزراعة يمكن أن تنتج دون أن تشتري شيئاً من الخارج.

أمّا التقنيات التقليدية «الكثيفة» فتظهر طريقاً آخر متعدّد الفروع. إنّ الزراعة في الشرق الأقصى هي أقرب ما يكون إلى بستنة حقيقية. إنّ قطع الأرض الصغيرة المقسّمة بعناية حقولاً من الأرز لا تفقد خصوبتها بفضل تحكم دقيق بالماء والغرين. في إيطاليا كذلك تقوم الزراعة الصغيرة (في أومبريا Ombrie، في توسكانا، في فينيسيا Vénétie، وعلى جوانب فيزوف Vésuve) على تراكم مدهش للعمل البشري: تنظيم قطع الأرض وتدريجها مسطّحات، شقّ الحفر والقنوات من أجل تصريف المياه أو ريّ الأرض، زراعة الأشجار المثمرة والأشجار التي تحمل الكرمة، الخ. هنا نلمس جيّداً إمكانية التكلّم عن زراعة حرفية. لا بل أكثر من هذا، لا مجال لمعارضة القيمة الجمالية لهذه المشاهد التوسكانية: إنّه المنظر الخلاّب bel paesaggio لتاريخ طويل، بدأت اليوم الآلة تدميره، شيئاً فشيئاً (إ. سيريني E. Sereni).

الزراعة الصغيرة في أوروبا الغربية ـ لا سيّما في ألمانيا، في سويسرا، في فرنسا ـ ما تزال تحتفظ بطابع فلاّحي: مزدرعات مجزّأة إلى استثمارات وقطع أرض صغيرَة، دور كبير للعمل اليدوي، تعلّق بهذا المزدرع القديم. بالطبع تحقّق لبعض الوقت نوع من التوازن بين الزراعة المتعدّدة وتربية الماشية، بين التموّن والمبيع. لكن يجب الانتباه إلى قيمة الكلام التي قد تكون نسبية، إنّ ما سمّي «بالثورة الزراعية» خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لم يكن معظم الأحيان سوى تحسين للمناوبات الزراعية التقليدية: تزايد نباتات الكلأ، الاستغناء عن استراحة الأرض أو التخفيف منها، المحلّ الكبير الذي تأخذه الماشية، كلّ هذا يسمح لنا بالتكلّم عن الزراعة الصغيرة المكثّفة. إنّ المناطق والبلدان التي تختفي منها

المظاهر الفلاحية هي نادرة جدّاً، «الزراعة الكبيرة» تميّز انكلترا وامتداداتها الاستعمارية فوق الأراضي الجديدة. وتبقى تقنيات المزدرع الفلاّحية من مميّزات قسم كبير من أوروبا.

ضمن هذه الشروط يجب وضع الثورة الزراعية الحقيقية، الثورة الحديثة، ثورة التصنيع. فالآلة والمحرّك غزوا المزدرع وأجبرا على إعادة النظر في كلّ مقاييس العمل القديمة. وفقدت هذه المقاييس الفلاّحية (فلاحة اليوم، الأكر، الخ.)، وكلّها أصغر من الهكتار، أي معنى لها. ممّا أدّى إلى اختيار لمزدرعات جديدة أقيمت من أجل الآلات، قطعاً شاسعة هندسية الشكل ومسطّحة. فوق هذا نرى التجهيز الآلي سلسلة من الاستثمارات: إذ لا معنى حقيقي «لثورة» الجرّار إن لم تتبعه آلات أخرى. الحاصدات ـ الدرّاسات، مكابس العلف، آلات للحلب، أسوار كهربائية وكلّ التجهيزات الداخلية لمزرعة حديثة، مبان مصنوعة مسبقاً، شبكة مياه وطاقة، كلّها أمور ساهمت الصناعة بتقديمها.

كذلك كانت صناعتا الكيمياء والبيولوجيا الحيوانية والنباتية أكبر أثراً أيضاً بالنسبة للمزدرعات الزراعية. إذ إنّ استعمال الأسمدة بهذه الكثرة وكذلك مبيدات الطفيليات والحشرات غيّر كلّياً في التوازنات القديمة التي سبق أن ذكرناها. و'. أصبح بالإمكان زيادة الإنتاج بفضل مشتريات غزيرة من الصناعة. لم تعد الذرّيات النباتي والحيوانية الجديدة نتيجة المبادرات المحلّية وحسب بل ثمرة البحث العلمي الذي تقوم به الأجهزة الكبيرة في الدولة والشركات الصناعية الكبيرة.

إذن يتراءى لنا ظهور زراعة صناعية، تعمل بحسب طرق ووسائل النظام الصناعي. إنّ زراعة الحبوب الكبيرة الممكنة كلّياً ـ شخص واحد للمئة هكتار ـ هي متحقّقة تماماً في السهول الكبيرة في الولايات المتّحدة وفي كندا. الزراعة الصناعية الحقيقية، ضمن بيئة موجّهة، لم تعد تقتصر على زراعة الأزهار. مع الزجاج، المواد البلاستيكية، المازوت، وبسعر استثمار باهظ في المتر المربّع نحصل اليوم على خضار وفواكه لا تعرف إيقاع الفصول وتعطي مردودات عالية إن لم يكن أصنافاً ممتازة دائماً. حتّى تربية الماشية، التي كانت تبدو بمنأى عن هذه الأعمال، أصبحت صناعية بدورها. في الولايات المتّحدة أوّلاً، ثمّ بالقرب من المدن الأوروبية الكبيرة أصبحنا نرى الكثير من هذه المخابيء الغريبة حيث تجري تربية الحيوانات تبعاً للنظام الصناعي: ذرّيات وراثية ملائمة، روزنامة دقيقة للتغذية ومواد تقدّمها الصناعة، بيئة مكيّفة المناخ. لقد اختفى المزدرع تماماً.

كذلك نرى كيف أنّ تطوّر الأشكال لم يعد يتوقّف في الواقع على الزارع وحده، فقد أصبحنا نجد الشركات الصناعية والتجارية أمام وخلف النشاط الزراعي تقوم بالتغييرات والتحوّلات اللازمة. في الأمام نجد الجرارات، أجهزة الريّ، آلات مختلفة، أسمدة، علف

للماشية. وفي الخلف نجد المساحات التجارية الكبيرة والصناعات الغذائية التي تحتاج إلى كمّية منتظمة ومتجانسة من المواد المعدّة للتحويل، للمزج، للتحضير وللتقدم. هكذا تفرز الحضارة الصناعية في الولايات المتّحدة وفي المناطق المدينية الأوروبية الكبيرة تطوّرات زراعة مصنّعة، محاطة بشبكة من التعهّدات، فعّالة وواثقة من عصريّتها.

إلاّ أنّه يكفي تحليل حياة المناطق الزراعية في العالم أجمع (حتّى في الولايات المتّحدة) كي نستنتج أنّ البنيات الحرفية ما تزال صامدة. إنّها لم تختفِ من الكلخوزات الواسعة في الاتحاد السوفياتي، حيث «الكنف العائلي» ما يزال مسرحاً للعديد من الإنتاجات الصغيرة - حليب، فاكهة، لحوم خنزير - وربّما ينتج هذا الكنف خمس الإنتاج الزراعي السوفياتي! في أوروبا الغربية يأخذ المزارعون جانب الحذر في التزامهم النظام الجديد، فيعتمدون مثلاً قنّاً صناعياً كنوع من استعانة ولكن يبقون على أساس نظام الزراعة الكلاسيكي: هكذا في بريطانيا، في هولندا، في الدانمارك. حتّى أنّ المستهلكين أنفسهم، الذين دخلوا في نظام الاستهلاك الغزير، يشجّعون استمرارية النظام الحرفي بتخصيصهم أسعار عالية لكلّ ما يذكّر بالزراعة الماضية؛ أنواع نبيذ فاخرة، طيور «مزرعة»، حليب «طازج». لا شكّ إذن في أنّه من الصعب وضع نظرية عامّة للتطوّر التقني في عالم الزراعة أكثر منه في أيّ مكان آخر!

التطوّر التقني والبلدان الفقيرة

ينتشر التطوّر التقني في جميع الأنحاء ويصل حتّى إلى أفقر المناطق في البلدان «النامية». لقد كرّست الكثير من الكتابات لهذا الانتشار وللعوائق التي يصادفها. وأفضل نقطة انطلاق نعتمدها للتأمّل في هذا الموضوع هي الدراسات التي انصبّت على أوضاع القرى والتي وضعها علماء السلالة والاجتماع والجغرافيا. وحدها تسمح لنا بأن نفهم إلى أي مدى أدرك النظام الصناعي، ثمّ استُقبل بصفته الأجنبية.

في إفريقيا السوداء مثلاً، كانت الزراعات التجارية - البن، الكاكاو، القطن، الفستق - تُفرض على العديد من القرى من قبل الإدارة الاستعمارية. في داخل البلاد في أبيدجان وجب انتظار جيل بكامله قبل أن يصبح البن، الذي كان بادىء الأمر مرادفاً للضريبة، معتمداً فعلاً ومقدّراً من قبل القرويين. في الكاميرون، في بلاد الباسا Bassa، نجد مثلاً قرية تتمسّك بزراعتها القائمة على النخيل المنتج للزيت، بينما المجال مفتوح أمامها كي تطوّر زراعة الكاكاو لا سيّما أنّها تملك محطّة على الخطّ ياونده - دوالا Yaoundé- Douala: لا نرى لهذه الأمور أسباباً أخرى غير مقاومة الاستعمار.

تتفاوت الجماعات العرقية من حيث درجة انفتاحها على الخارج. يظهر لنا جنوبي شرقي آسيا ألف مثل عن تكيّف الصينيين العجيب مع الزراعة المستحدثة ـ شجر المطّاط، الحدائق التجارية ـ وعن انطواء الماليزيين على أنفسهم. في السنغال، يظهر لنا ب. بيليسييه P. Pelissier كيف أنّ شعب السيرير Serers هم من أفضل المزارعين، شديدي التعلّق بمزارعهم، لكن هذا يزيد من انغلاقهم بوجه التجديدات أكثر من شعب الوولوف Ouolofs وهم أكثر استيعاباً وأكثر حركة.

كذلك تتفاوت درجة صمود الجماعة القروية تجاه التجديد. لقد ذكر لنا ب. أوتينو P. Ottino سير العملية الاجتماعية التي قضت على مشروع كان يبدو منطقياً، على ضفّة بحيرة الاوترا Alaotra، في مدغشقر. اقترح التقني الزراعي بسط حقول الأرزّ وخلق الحدائق، فرُفض هذا المشروع تحت دهشة الإدارة لأنّ الأرزّ كان ينقص بالفعل. بعد ذلك سرعان ما توضّح أنّ المعارضة كانت تأتي من الوجهاء وبعض المالكين الأغنياء: إذ إنّ كلّ استحداث يؤدّي إلى فقدان التحكم الاجتماعي التقليدي. إنّ التطوّر التقني يتطلّب وجود وسطاء من أجل انتشاره: من هنا التباعدات المدهشة من قرية إلى قرية. في مقاطعة موسي Mossi في فولتا العليا أمكن وصف قرى منغلقة، منطوية على زراعاتها القوتية، حيث كبار السنّ يقسون في حكمهم على «التطوّر» (مثلاً قرية ياوغين Yaoghin). وليس بعيداً نجد قرية زاونغو Zaongho التي طوّرت منذ زمن طويل حدائقها المروية من أجل بيع الخضار والفواكه. ويكشف لنا التحليل الدقيق أهمّية زعيم القرية المناصر للاستحداث، فجاذبية التطوّر تنجح مع البعض وليس مع الجميع. في قرى التشاد لم تعد تُبنى بشكل عام تلك الأكواخ المستديرة، التقليدية، المصنوعة من القشّ والتي كانت امتداداً لفنّ الخزّاف وصانع السلال المحلّي، الذي يعرفه الجميع. لقد قامت المنازل الجديدة رباعية الزوايا، الأوسع، المبنية من الآجر والتي تستدعي عمل بنّاء متخصّص. إنّها منازل مرتفعة الثمن ولكنّها تعكس صورة ما نراه على الطرقات الكبيرة وحتّى المدينة، حتّى فور ـ أرشامبوه - Fort Archambault أو حتّى بانغي Bangui. من يبني اليوم كوخاً فإنّما يدلّ على فقره وعلى محافظته. كذلك الأمر في الهند ـ مقاطعة حيدر آباد ـ حيث يرمز حوض الري القروي إلى الجماعة، إلى زراعة الأرزّ، إلى الماضي؛ بينما يدلّ البئر الفردي المزوّد بمحرّك على الانطلاق الاجتماعي، على الزراعات الجديدة التجارية، على الانفتاح على المدينة.

هكذا تتفاوت الأغراض الصناعية سهلة المعالجة في فرض نفسها في القرية الفقيرة. الوصف التالي. الفولتا العليا يمكن تعميمه ببساطة إلى باقي المناطق: «المعزقة الحديدية المصنوعة في برمنغهام، درّاجة سانتتيان، الأحواض المطلية بالميناء المصنوعة في غانا،

ملابس الترغال الأوروبية، مصابيح الجيب، كلّها أمور تشكّل مزيجاً نجده في كلّ خصّ». ولكن ما إن يصبح الأمر عبارة عن تغيير جذري لنظام الإنتاج تظهر العوائق الكثيرة. إنّ ما يذكره لنا ج ـ ك. روفيران J.- C. Rouveyran بخصوص مزارعي مدغشقر، يمكن تعميم قيمته أيضاً. يفتقر المزارع إلى المال؛ وبشكل خاص نرى موقفه تجاه احتمالات التجديد مختلفاً اختلافاً جوهرياً عن موقف التقني الأوروبي أو الأمريكي. المزارع الأسود لا يبحث عن الربح الأقصى، إنّه يتميّز «بمنطق لاعب صغير» يدفعه للعودة إلى الزراعات القوتية، إلى العادات القديمة. (روفيران):

إنّ اختيار خطّة استحداث في الأرياف لهو أمر دقيق جدّاً. هل يجب ترك الوقت يسير ويعمل بشكل عفوي في القرية؟ هل يجب إدخال التطوّر التقني بشكل كثيف في «محيطات» للتوسّع؟

نلاحظ اليوم في الهند، في الباكستان، في الفيليبين آثار ما يسمّيه التقنيون الأمريكيون «بالثورة الخضراء». إنّها عبارة عن الانتشار الفطري، أو المنظّم تكتّم، للتطوّر العلمي الزراعي. تقوم مؤسّسة روكفلر Rockfeller بتوزيع أصناف الأرزّ والقمح ـ أصناف هجينية كبيرة المردود ـ المعدّة خصّيصاً للزراعة المدارية. ولا مجال لمناقشة تزايد الإنجازات، حيث ننتقل من عشرة إلى أكثر من خمسة وعشرين قنطاراً بالهكتار لدى اعتمادنا هذه البذار. لكن هذا الاعتماد يستلزم أموراً أخرى مثل طريقة ريّ جديدة، استعمال الأسمدة ومبيدات الطفيليات. في الهند فإنّ ندرة الطرقات، الإهراءات، مصانع السماد، الأجهزة المحلية لفتح الاعتمادات تضع معمّمي التطوّر في مأزق كبير. في البنجاب الباكستاني بدأنا نسجّل تحوّلاً عميقاً: فهناك طبقة من المزارعين «العصريين» تظهر في العديد من القرى؛ وهي تساهم بأن تبرز بشكل أقوى أيضاً فاقة الفلاحين الصغار والعاملين الزراعيين الذين يبقون بمنأى عن التطوّر.

إنّ المحيط المروي الكبير، المزوّد بالآلات، المرسوم، المقدّم دفعة واحدة كمشروع تنمية تقنية واقتصادية، ينتشر في معظم أنحاء العالم. بإمكانه أن يلقى النجاح مثل خطّة الري الواسعة في السودان انطلاقاً من مياه النيل: 8000 كيلومتر مربّع من المزدرعات الجديدة الراسخة حيث يتناوب القطن، الذرة البيضاء، العلف. كما بإمكانه أن يؤدّي إلى فشل ذريع كما حصل في تنجنيقا Tanganyika حيث خطّة زراعة الفستق، التي بدأت نحو العام 1946 على مساحة شاسعة، تُركت كلّياً بعد خمس سنوات أنفق خلالها 36 مليون ليرة استرلينية تركت بعدها الأرض بائرة. لم تحقّق وكالة النيجر الآمال التي كانت قد عُقدت عليها، ولا شكّ أنّه كان هناك مبالغة في الاعتماد على فضائل الآلة، على تحرّك اليد العاملة

وسرعة اندماجها. الخبير الزراعي، فرنسياً كان أم أمريكياً، لا يكفي من أجل تأمين انتشار التطوّر: المعمّم الذي ينتمي إلى الموطن نفسه، مؤهلاً بدوره بصورة جيّدة، هو الذي يقوم بدور الوسيط.

البرامج الأقلّ طموحاً مثل «نظام الري الصغير»، و «تنمية الفلاحية» لا تقلّ أهمية. في مناطق ساحل العاج الداخلية، يحاط الإقليم الموسّي بمشروع يعمل على مراحل: تعميم زراعة الأرزّ المرويّة وإعداد الفلاّحين للحراثة والزراعة بواسطة زوج الثيران المقرون. كلّ هذا ليس خارقاً، ولكن ضروري بالنسبة للقروي، وقاسي البطء بالنسبة للدولة.

غالباً ما يستعجل البلد الصغير اعتماد اعلى أشكال التكنولوجيا الصناعية. هذه مثلاً أفغانستان اليوم؛ كيف تؤمل تنمية سريعة للتقنيات التقليدية؟ كانت القرى تصدّر الفواكه المجفّفة، منتوجات من تربية الماشية، جلوداً، سجّاداً: كلّها موارد ضعيفة. وسائل المواصلات كانت بالكاد مستحدثة: أقلّ من ثلاثين كيلومتراً من الطرقات على مساحة 1000 كلم^2! لم يكن متوسّط الدخل الفردي يصل إلى مئة دولار في العام الواحد: ولم يكن بالإمكان انتظار تكوين سريع لتوفير داخلي. مذ ذاك ظهرت أوّل خطّة للتنمية، والطرقات الكبيرة الحديثة والمطارات ـ خمسة وعشرون خلال بضع سنوات. كما قام استثمار الغاز الطبيعي، عن طريق التقنيين السوفيات. وظهرت أولى المصانع الكبيرة في العاصمة كابول حيث تحتلّ الشركة الألمانية الكبيرة هوكست Hoechst مركز الصدارة في المنطقة الصناعية الجديدة. إذن نرى اجتماع عالمين تكنولوجيين، العالم الأحدث وعالم التقاليد الآسيوية القديمة.

في أماكن متفرّقة من البلدان الفقيرة توجد «أراض محصورة» تتضمّن صناعة كبيرة وتكنولوجيا عالية. في كاليدونيا الجديدة يتمثّل النظام الصناعي بمجموعة النيكل القوية في نوميا ـ دونيامبو Nouméa - Doniambo؛ وبعدها بعدّة كيلومترات يبدأ الريف وعالم المزارعين الصغار. في موريتانيا يتقاطع اقتصاد الحديد الجديد ـ طبقات فور ـ غوروه - Fort Gourault، سكة الحديد المنجمية، مرفأ المعادن في بور تتيان Port - Etienne ـ مع بلاد من القبائل البدوية تعتمد أقدم التقاليد. في الكونغو هناك شركة بترول تصبّ في الجمهورية مبلغاً يشكّل ثلاثة أرباع ميزانية البلد. بشكل عام أكثر تنزع «الأراضي المحصورة» المنجمية والبترولية إلى التحوّل إلى مناطق صناعة كيميائية على أعلى مستوى تقني بفضل اتّفاقات ثنائية تكثر يوماً عن يوم. أمّا الجزائر فقد ذهبت بعيداً جداً وباكراً جدّاً ضمن هذا الاتّجاه: حاسي مسعود، أرض محصورة في الصحراء، هي عبارة عن قطعة في الشبكة العامّة لصناعة الغاز الكيميائية؛ على الساحل، تتّجه المجموعتان الصناعيتان القويتان سكيدا ـ فيليبفيل

وأرزو نحو أوروبا ولا تغيّران في أنماط الحياة المحيطة. المناطق السياحية الكبيرة في البلدان المدارية هي نتيجة عملية مشابهة، فبإمكان النظام الصناعي أن يستثمر شمس أبيدجان لبعدها ست ساعات بالطائرة عن باريس ولوجود الفنادق الفخمة لاستقبال النزلاء. ويرى ساحل العاج في هذا المجال وسيلة تنمية سريعة وينظّم هذا «النعيم السياحي» ذا «المستوى العالمي».

أكثر أيضاً من البلدان الغنية تستأثر المدن الكبيرة بالتطوّر الجديد. إنّ كلّ نموّ كينيا يكمن في العاصمة نيروبي ونموّ نيجريا في العاصمة لاغوس: ها هنا تجري الاتّصالات مع العالم الصناعي برمّته. في التشيلي ظهر منذ وقت بعيد ثلاثة أقطاب للنمو: سانتياغو، عاصمة الصناعة المتنوّعة، فالبارايسو Valparaiso، مع المرفأ الكبير ومعامل التكرير، كونسبسيون Conception، المزوّدة بمعامل الفولاذ والمصانع الكيميائية. لقد قيل عنها إنّها ثلاث «جزر» في مجال جغرافي لم يتوحّد كما ينبغي. في البرازيل، بين منطقة ساو باولو، الأغنى، والشمال الشرقي الفقير، تهبط المداخيل من أربعة إلى واحد. الجهود المبذولة من أجل القضاء على هذا «الانفصال» هل هي كافية؟ إنّ داخل البلاد الفقير يردّ على الإغراءات الجديدة بالهجرة، وهكذا تتفكّك «أنماط الحياة». وواحات التيبيستي Tibesti، التي درسها عن كثب ر. كابوه - ري R. Capot - Rey، أهملت طرقها القديمة في الري فغابت محاصيل القمح والتمر لعدم وجود الاهتمام والعناية. ومنذ سنة 1962 جاءت الضربة القاضية عن طريق فتح ورشات عمل البترول في المناطق الليبية القريبة. بشكل عام، تميل إفريقيا إلى الانقسام بين مساحات تقليدية واسعة تشهد هجرة كثيفة منها وبعض المناطق المدينية الجذّابة: من أرياف السنغال أو التشاد ينزح الأهالي للعمل في دكار، أبيدجان، أكرا، لاغوس ونحو المدن الأوروبية. كلّ البلدان الفقيرة تقريباً تشكو في آن واحد من فقدان قيم القرية التقليدية ومن المدينية «المتفجّرة» لبعض المدن الكبيرة.

إنّ البحث عن نموّ منسجم و «متكامل» لهو فنّ صعب. إنّه يتطلّب دون شكّ الاعتراف ببعض الأفضليات، أقلّه لفترة من الزمن، للحاجات التي يشعر بها العالم الريفي الكبير: أسمدة، شاحنات، باصات، مواد بناء رخيصة الثمن، تجهيزات منزلية عادية. الأمر هو عبارة عن منح ثقة معيّنة للمصنع الصغير الذي يستخدم بشكل أوسع اليد العاملة المحلّية. بهذا الصدد يبدو ما يسمّى «بالطريقة الصينية» على أهمّية من حيث إنّها تخصّص مكاناً واسعاً للتكنولوجيات الوسيطة (بين الحرفية والصناعة الكبيرة). هذا يعني أن نعتبر أنّ أحدث مقاييس النظام الصناعي ليست «بعد» صالحة لجميع المناطق. عندما تبقى البقعة زراعية جدّاً وشبكة المواصلات مليئة بالثغرات، عندئذٍ بإمكان شلاّل الماء الصغير، معمل الإسمنت

الصغير، المصنع الزراعي الصغير أن تشكّل مراحل تكنولوجية مفيدة (ج. سيغوردسون J. Sigurdson). ولكن قد تبدو «الطريقة الصينية» صعبة التكيّف مع بلدان أخرى، كما أنّه يصعب التكهّن بها من حيث تطوّرها في المستقبل.

خلاصة: تناقض الانتشار الصناعي

مرغوباً بشدّة في الأقطار التي ما تزال بعيدة عنه، بدأ النظام الصناعي يصبح مشبوهاً في البلدان القديمة حيث ظهر: إنّه التناقض الكبير الذي يشهده عصرنا.

ظهرت ردّة الفعل ضدّ المدينة الكبيرة الكثيفة جدّاً والممكننة جدّاً أوّلاً في بريطانيا، تطوّرت في الولايات المتّحدة وانتشرت في أوروبا. الحنين إلى الريف يفتح الطريق أمام تقنية اجتماعية جديدة: المدينية. تقدّم «المدن الجديدة» الانكليزية أو السويدية تطلّعات ذات أهمّية كبيرة. إلاّ أنّه على مرّ التجارب «المدينة الجديدة» التي أُنشئت كي تأوي بضعة ثلاثين ألفاً من الأشخاص في بيئة خضراء، تكبر، تخصّص مكاناً متزايداً للسيارة والمصانع أكثر إذا أردنا تجنّب حركة الذهاب والإياب المستمّرة نحو المدنية الكبيرة الرئيسية.

هناك ميل آخر ظهر في الولايات المتّحدة خلال السنوات 1930، يندرج كردّة فعل ضدّ الهدر بجميع أنواعه، هدر للأرض الزراعية، للمناجم، لآبار البترول. وتأخذ اليوم فكرة الحفاظ على الموارد الطبيعية هذه قوّة فريدة من نوعها نظراً للسحب المدهش من مصادر الطاقة والمواد المعدنية. وقد ألمح البعض إلى «اندثار» النظام الصناعي تحت وطأة استنفاد المصادر (دراسات د. ميدوز D. Meadows وج. فورستر J. Forrester). لكن الجواب أتى عن طريق إعادة تأهيل المواد الأوّلية، المصانع الذرّية وتضاعف التصنيع.

اليوم أصبح تضاعف التصنيع العدو رقم 1. إذ لم يعد يُحكى إلاّ عن تلوّث الهواء، الماء، التربة. وهناك عدد يتزايد من الأمريكيين، الأوروبيين واليابان يطالبون ببيئة طبيعية وهادئة. في فرنسا تصطدم التجهيزات الجديدة للنظام الصناعي ـ معامل تكرير البترول، أوتوسترادات، مفاعلات ذرّية ـ بمقاومة محلّية. ولكن في الولايات المتّحدة حيث القوانين «ضدّ التلوّث» شديدة، يُلاحظ أنّ هذه المرحلة الجديدة تؤدّي إلى... فروع صناعية جديدة مزدهرة جدّاً (أجهزة قياس، معالجات كيميائية للمياه الملوّثة، الخ).

هل بوسع النظام الصناعي أن يجيب عن كلّ معضلة جديدة تطرحها قوّته الكبيرة؟ ليس الأمر مضموناً. إذا كان وضع «أصدقاء الطبيعة» مبالغاً فيه، كونه يقوم على أسطورة أصبحت قديمة ـ التوازن الطبيعي ـ فإنّ وضع الشركات الصناعية الكبيرة ليس بأفضل منه. إنّ التخصّص الأقصى في فرع تقني معيّن، والقوّة التي تنتج عنه، يبعدان كلّ يوم أكثر النظام

الصناعي عن الطموحات البسيطة «للإنسان ـ المقيم» (م. لولانو M. Le Lannou). ضمن هذا المعنى يمكننا أن نشير مع ج. لاباس إلى «الوهم التقني»، «المنطق الضيّق لدى التقنيين». بالطبع الفكرة التي تقول بأنّ كلّ تقنية أقوى، أكثف وأسرع تمثّل تطوّراً معيّناً لا مجال لمناقشتها على صعيد الفعالية المادّية، ولكنّها ليست بالضرورة كذلك ضمن وجهة نظر اجتماعية ومحلّية.

لقد رأينا أنّ المجتمعات المحلّية والإقليمية، المجتمعات التي تصلح للإنسان ـ المقيم، تخفّ درجة تأثيرها على تطوّر التقنيات. يجب الاعتماد على حكمة الأمم، الغنية كما الفقيرة، كي «تبقى الأرض كوكباً حيّاً، يصلح لإقامة الإنسان» (ب. جورج P. George).

أندريه فيل
André FEL

بيبليوغرافيا

لا تشكّل المراجع التالية بيبلوغرافيا بالمعنى التقليدي، إذ إنّ العديد من الأعمال يغيب عن هذه اللائحة، بالرغم من أهمّيته الكبيرة في فهم المسألة، وبالعكس أوردنا بعض المقالات الأقل أهمية ولكن التي خدمت نقطة معيّنة من العرض.

أعمال عامّة

ب. كلافال P. Claval، «Régions. Nations. Grands espaces»، باريس، 1968.

م. درّويو M. Derruau، «Précis de géographie humaine»، باريس، 1961.

ب. جورج P. George، «l'Ere des techniques»، باريس، 1974.

ج. غوتمان J. Gottmann، «Essai sur l'aménagement de l'espace habité»، باريس ـ لاهاي، 1966.

ب. غورو P. Gourou، «Pour une géographie humaine»، باريس، 1973.

ج. لاباس J. Labasse، «L'Organisation de L'espace»، باريس، 1966.

م. سور M. Sorre، «Les Fondements de la géographie humaine: les fondements techniques»، الجزء الثاني والثالث، باريس، 1948 و 1950.

ب. فيدال دو لا بلاش P. Vidal de la Blache، «Principes de géographie humaine»، باريس، 1922.

أعمال خاصّة أكثر استعملت هنا

م. السفريدي M. Allesfredde، «Un exemple de mutation dans la vie subarctique morvégienne»، في «مجلّة جغرافيا ليون»، 1965، ص 77-99.

د. بالان D. Baland، «Vieux sédentaires Tadjik et immigrants pachtoun»، في «نشرة اتّحاد علماء الجغرافيا الفرنسيين»، 1974، ص 171-180.

ف ود. بالان، «La Gégraphie de l'Afghanistan»، في «الإعلام الجغرافي»، 1972، ص 73-83 و 113-121.

ب. ج. ل. بيري B. J. L. Berry، «The Geography of the United States in the Year 2000»، في نشرة «مؤسّسة علماء الجغرافيا البريطانيين»، 1970، ص. 21-53.

ج. بيزنسون J. Besançon، «Géographie de la pêche»، باريس، 1965.

ج. بيرد J. Bird، «The Geography of the Port of London»، لندن، 1957.

«Les Brevets d'invention dans l'économie»، في «Cahiers de l' I.S.E.A»، الجزء السادس، تشرين الثاني 1972.

ج. بريسّوه - لوايزا J. Brisseau، «Le Rôle du camion dans la région de Cuzco»، في «Cahiers d'Outre - Mer»، 1972، ص 27-56.

ر. كابوه - ري R. Capot - Rey، «Les Palmeraies du Tibesti»، في «Maghreb et Sahara»، دراسات جغرافية مقدّمة إلى ج. ديبوا J. Despois، 2، 1973، ص 69-79.

ج. شامبوه J. Champaud، «Mom (Comeroun) ou le refus de l'agriculture de Plantation»، ضمن «مزدرعات إفريقيا ومدغشقر»، عدد خاص من «الدراسات الزراعية»، 1970، ص. 298-311.

ج. ب. شاربيه J.- B. Charrier ، «Le Tourisme à Florence» في «مجلة المتوسّط»، 1972، ص. 401-427.

أ. كولان - دولافوه A. Collin - Delavaud، «Paysandu.Ville Industrielle d'Uruguay»، في «كرّاسات معهد الدارسات العليا لأمريكا اللاتينية» العدد 2، 1972.

د. و. كوران D.W. Curran ,«Géographie mondiale de l'énergie»، باريس، 1973.

إ. دالماسو E. Dalmasso ,«Milan , capitale économique de l'Italie» غاب Gap، 1971.

و. إندري W. Endrei ,«l'Évolution des techniques du filage et du tissage du Moyen Âge à la Révolution industrielle» باريس، 1968.

د. فوشير D. Faucher ,«Géographie agraire»، باريس. 1949.

ب. غابير P. Gabert , «Turin, métropole industrielle»، باريس، 1973.

أ. ويتز دولامب A. Huetz de Lemps، «le Rayonnement mondial de Coca-Cola» في «Cahiers d'Outre-Mer»، 1970، ص 259-276.

هـ. كاريبل H. Kariel، «The Continuum of Techology»، في - «Geografis Kannaler»، العدد 1، ستوكهولم، 1973.

ج. لاباس J. Labasse «l'Espace Financier»، باريس، 1974.

ج. م لاويك J. - M. Lahuec، «Une communauté évolutive mossi: Zaongho (Haute- Volta)»، في «مزدرعات إفريقيا ومدغشقر»، عدد خاص من «الدراسات الزراعية» 1970، ص 150-170.

م. لو لانو M. Le Lannou «Le Déménagement du terrtoire»، باريس، 1967.

ف. موريت F. Maurette «Les Grands marchés des matières premières»، باريس 1940.

ب. مازاتوه P. Mazataud «Les Constructeurs de matériel informatique» أطروحة، كليرمون Clermont، 1974.

ج. دوميو G. de Meo «L'Industrie française de la parfumerie»، في «كرّاسات الجغرافيا»، 1973، ص 454-476.

ر. ميلر R. Miller و ج. تيفي Tivy، «The Glasgow Region»، غلاسكو، 1958.

ل. بابي L. Papy «Réflexions géographiques sur l'histoire de Bordeaux» في «الفكر الجغرافي المعاصر»، رين Rennes، 1972، ص 517-535.

ب. بيليسييه P. Pélissier «Les pays du bas Ouémé»، دكار، 1963.

ك. ريو - بارت C. Riou - Barthe «Autoroutes et Banlieues nouvelles»، في «المجال الجغرافي»، 1973، ص 95-107.

ب. روامبا P. Rouamba «Terroirs en pays Mossi, Yaoghin (Haute- Volta)»، في «مزدرعات إفريقيا ومدغشقر»، عدد خاص من «الدراسات الزراعية»، ص. 129-149.

ج. - ك. روفيران J.- C. Rouveyran «La Logique des agricultures de transition»، باريس، 1972.

ج. سوتير G. Sauter، «Isolement géoraphique et coûts des transports, l'exemple du Tchad» ضمن «المؤتمر الدولي للجغرافيا»، ستوكهولم، 1960، ص 225.

إ. سيريني E. Sereni، «Histoire du paysage rural italien»، باريس، 1964.

ج. سيرفييه J. Servier، «Les Portes de l'année (l'Algérie dans la tradition méditerranéenne)»، باريس، 1962.

ج. سيغوردسون J. Sigurdson، «Les Options technologiques de la Chine d'aujourd'hui» في «المشاكل الاقتصادية»، العدد 1359، 13 شباط 1974، ص 9-15.

أ. توما A . Thomas، «L'Industrie dans le cercle de Villingen» في «كرّاسات الجغرافيا»، 1971، ص 440-450.

س. ويكهام S. Wickham، «L'Espace industriel européen»، باريس، 1969.

م. فولكوفيتش M. Wolkowitsch «Géographie des transports»، باريس، 1973.

الفصل الثالث

العلم والتقنية

لقد جرت العادة على التمييز بين تاريخ العلوم وتاريخ التقنيات وهي عادة يمكن تبريرها بكون العلاقات بين الاثنين أخذت منذ القدم اتجاهين اثنين: إمّا أنّهما تطوّرا كلّ بمعزل عن الآخر، وإمّا أنهما أجريا بعض التبادلات ولكن دون أن يصبحا متطابقين.

هذا النوع الثاني من المواقف يتطلّب، إلى جانب تاريخ العلم وتاريخ التقنيات كتاريخين منفصلين، إعادة تشكيل تاريخ هذه التبادلات. إضافة إلى هذا ورغم كونه أمراً «سلبياً»، فإنّ غياب العلاقات الذي نلمسه عبر الاتّجاه الأوّل يستدعي بدوره تاريخاً لأنّ النموّ المستقلّ للعلم وللتقنية ينبثق غالباً عن وجهات نظر، ومواقف رفض تستحقّ أن نشير إليها.

من جهة أخرى، إلى جانب هذين النوعين من الحالات، اللذين كانا مسيطرين حتماً في ماضي العلم والتقنية، يمكننا عبر فحص دقيق أن نكتشف حالات يتداخل فيها العلم والتقنية لدرجة يصبح الفصل بينهما أمراً مصطنعاً. إنّ فهم هذه الحالات يستلزم تضافراً وثيقاً من قبل تاريخ العلوم وتاريخ التقنيات.

من هنا نفهم إذن أنّ مجرّد جمع تاريخ العلوم مع تاريخ التقنيات لا يؤدّي إلى إعادة ترميم ماضي العلم والتقنية بصورة مرضية تماماً. كما نلاحظ أنّ مؤرّخي كلّ من المجالين يقعون في حيرة من أمرهم في بعض القطاعات بالنسبة لتحديد المفاهيم التي يجب أخذها بعين الاعتبار والتي لا تكفي الإرسالات المتنقّلة من تاريخ إلى آخر لإظهار علاقاتهما بشكل جيّد وواضح.

لا يجدر بنا هنا أن نعيد رسم تاريخ هذه العلاقات بالتفصيل، ولكن نودّ قبل كلّ شيء أن نقدّم مسأليّتها ونموذجيّتها، ثمّ أن نظهر في كلّ من القطاعات الكبيرة المظاهر الأكثر تمييزاً والأكثر أساسية التي اندرجت تحتها هذه العلاقات في الماضي.

المسألية والنموذجية اللتان سنعرضهما أوّلاً تهدفان إلى تمييز العلاقات الرئيسية بين العلم والتقنية بقدر ما يمكن من الصحّة. من هنا تنتج ولا شك بعض الملامح الكبرى التي

يتّسم بها بمجمله تطوّر العلاقات ما بين العلم والتقنية. إلاّ أنّ هذا العرض العام لا يخلو من الخطر، ففي مختلف القطاعات يحمل تاريخ العلاقات بين العلم والتقنية ملامح مشتركة، وبشكل خاص نموّاً متزايداً للتبادلات بينهما يظهر عبر كثرة المفاهيم التي تقدّمها التقنية للعلم كي ينظر فيها، وعبر الانتقال التدريجي من تقنية تجريبية إلى تقنية تتميّز بروح علمية وتعتمد أكثر فأكثر على معطيات العلم. إلاّ أنّ هذا التطوّر يتغيّر جداً من ميدان إلى آخر ويقدّم في كلّ ميدان ملامح خاصّة.

ملاحظات عامّة

ازدواجية المعرفة والعمل الفعّال

يأتي الفصل بين العلم والتقنية بشكل أساسي عن كون الأوّل يهدف إلى المعرفة والثانية إلى العمل الفعّال. ولكنّهما يلتقيان غالباً عبر اهتمامهما المشترك بالمعرفة، حيث إنّ التقنية تستلزم دوماً وإلى حدّ ما معرفة بالحقائق والظواهر التي تستدعيها كي تصل إلى أهدافها.

ولكن حتّى عندما يتزايد طابعها العلمي وتصبح أكثر عبارة عن تطبيق للعلم، يبقى أنّ التقنية، بحكم كون هدفها الأوّل الفعالية وليس المعرفة، لا تهتمّ بالعلم بحدّ ذاته، بل إنّها لا تجد فيه أكثر من وسيلة ولا تسعى إلاّ نحو المعلومات التي قد تفيدها. يمكننا القول، بشكل تقريبي، إنّها تكتفي بأن يسير جهاز معيّن؛ دون حاجة بها لأن تعرف كيف يسير. على الأقلّ، أكثر الأحيان، وحتّى في أيّامنا هذه في العديد من الميادين يمكن للتقنية أن تكتفي بمعرفة موجزة ومقتضبة.

على مدى تاريخ التقنية، كان اختلاف الموقف هذا تجاه المعرفة مصدراً لبعض المشاحنات، المعارضات وسوء الفهم ما بين رجل العلم ورجل التقنية. فلدى الأوّل .سيطر اهتمام بالمعرفة المحضة الصافية وأوّلية التأمّل تؤدّي به إلى أن لا يقدّر كما يجب من يهتمّ قبل كلّ شيء بالعمل الفعّال، ويخشى على العلم، عبر متابعته المستمرة نحو الأهداف العملية، من أن يصبح محدود الأفق متناقص الدقّة. كما نلاحظ لدى الثاني تقديراً غير كاف لقيمة المعرفة البحتة وعرفاناً غير كاف بالجميل الذي قد يقدّمه العلم للتقنية.

كذلك نلاحظ أنّ التاريخ هو أبعد من أن يتحقّق من الفكرة التي تقول إنّ التقنية ليست بالنهاية سوى تطبيق للعلم. لا شك في أنّ التقنية اليوم تتناسب أكثر فأكثر مع وجهة النظر هذه، وأحياناً التقنية في ما مضى، ولكن أكثر الأحيان لا يسمح لنا هذا «النموذج» بإدراك تطوّر التقنية. ففي الكثير من الحالات نجد أنفسنا في الواقع بصدد «عمل» لا ينبثق

بأيّ شكل عن معرفة تمثّل خصائص المعرفة العلمية. هي معرفة حقيقية ولكن معرفة تظهر عبر الممارسات. ويصدف أحياناً أن تكون المعرفة التي يتضمّنها «العمل» متقدّمة على المعرفة العلمية. هكذا فإنّ الإنجازات التقنية لم تقدّم للعلم فقط مادّة واسعة للتأمّل، تقوده إلى طرح مسائل لم يكن ليستطيع طرحها بنفسه، بل إنّ المعرفة التي تتضمّنها التقنية تظهر في حالات عدّة ذات قيمة أكبر من العلم الذي انبثق عنها والذي لم يكن أكثر من عبارة عن تفسير، عن «صياغة» لها.

بالمقابل هناك نواحٍ أخرى للتقنية تظهر فيها منفصلة تماماً عن العلم؛ حيث إنّ ما يكوّنها بشكل أساسي، ما يميّزها وما يؤدّي إلى فائدة مفعولها لا ينبثق عن معرفة جديدة، وإن كانت فقط معرفة يتضمّنها «العمل»، ولكن ينتج عن مجرّد تركيب، مجرّد تنظيم لبعض العناصر ولبعض العوامل المأخوذة من تراث الحقائق الجارية. تحت هذا الشكل يندرج العدد الأكبر من الآلات والأجهزة الكثيرة التي نستخدمها بألف طريقة في حياتنا اليومية.

سبب آخر للتباعد ما بين العلم والتقنية هو اختلافهما في «الأسلوب». معظم الأحيان أراد العلم أن يكون مجرّداً واستعمل لغة تفترض امتلاكاً لجهاز رياضي ليس متوفّراً سوى للقلائل. بالمقابل تنمو التقنية ضمن حقائق ملموسة وتمثّل، اليوم كما في الماضي، صفة «يدوية» قلّما توجّهها نحو «التفكّر» والعموميات.

أخيراً، حتّى عندما تقوم التقنية على علم متطوّر، فهي تختلف عنه من حيث إنّ خطوات العلم يقتسمها بوضوح بين مختلف فئات الظواهر ـ حرارة، ضوء، كهرباء، الخ ـ بينما تضطر التقنية إلى أن تستدعي علوماً عديدة في الوقت نفسه.

معرفة العلم ومعرفة التقنية

التمييز بين العلم والتقنية، من حيث المعرفة التي توظفهما والتي تواجه المعرفة الموجزة والتجريبية للتقنية مع المعرفة المنهجية،العقلانية والعامّة للعلم، يشكّل كما ذكرنا ناحية بارزة في ماضي العلم والتقنية. إلاّ أنّه لا يبدو واضحاً جدّاً في حالات كثيرة: غالباً ما تظهر التقنية جوانب علمية بما فيه الكفاية، ويبدو العلم، بالعكس، كمعرفة غير علمية بما فيه الكفاية.

إذا نظرنا إلى العلم أوّلاً كتصرّف، كموقف ذهني، بغضّ النظر عن هدفه، عندئذٍ تبدو على تقنية الماضي أمارات الصفة العلمية. إذ إنّ الملاحظة الدقيقة للأحداث، الامتثال بدروس الاختبار، والتآلف الحميم مع الحقيقة، وهي ملامح أساسية موجودة في الذهنية العلمية، نلتقيها في العديد من التقنيات، حتّى الأكثر حرفية منها، بينما غالباً ما نرى، وفي نفس العصر، العلم يتضمّن تصوّرات غير علمية الطابع مثل الرؤى الخيالية، البعيدة عن

الواقع، التي قدمّتها لنا مراراً النظريات الفيزيائية أو الكيميائية خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر.

عدا عن ذلك فإنّ هذه الناحية الأساسية الأخرى من الموقف العلمي وهي الاهتمام بتجميع الأحداث والقواعد الخاصّة في جسم مادة مترابط يغطّي ميداناً واسعاً نجدها أيضاً في التقنية. وبعكس الصورة التي يقدّمها لنا دالامبير d'Alembert في مقاله المقدِّم للموسوعة «l'Encylopédie»، والتي تُظهر تقنية الماضي «عاجزة عن أن تفسّر بوضوح الأدوات التي تستعملها»، فإنّ هذه التقنية، وقبل القرن الثامن عشر، كانت في العديد من المجالات مفهومة ومتركّبة ضمن وجهات نظر واسعة بما يكفي. هكذا في الأبحاث العديدة التي وضعت خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر، مثل «De re metallica» لأغريكولا (1556)، «مسرح الأدوات الرياضية والميكانيكية» لبيسّون Besson (1578)، «فن النجارة» لجوس Jousse (1627)، «Ars vitraria experimentalis» (1679).

عدا عن الدور الذي لعبه في امتداد العلم إلى التقنية، فإنّ انتشار الثقافة العلمية في المجال التقني كان أحد العوامل الكبرى في الانتقال من التقنية الحرفية إلى «التكنولوجيا». بهذه الكلمة يجب أن نفهم معرفة تبسط المعنى المنهجي والعلمي للميل الذي أدّى منذ القرن السادس عشر إلى نشر الأبحاث التقنية كالتي ذكرناها لتوّنا، وتتميّز عن العلم من حيث هدفها وهو الحقيقة التقنية، ولكنّها علم من حيث روحها، من حيث طريقتها المرتّبة في طرح المسائل، من حيث اهتمامها بأن تعبّر كتابة عن «عمل» التقنية، ثبات خطواتها، شمولية المفاهيم التي تنتجها، استعمالها للرياضيات، ومن حيث دقّة مشاهداتها وقياساتها. بهذا المعنى نراها تتعلّق بتاريخ العلم كما بتاريخ التقنية. وقد رأينا التكنولوجيا تتطوّر في القرن الثامن عشر مع أعمال مثل «الهندسة المعمارية الهيدرولية» لبيليدور Belidor (1737-1739) التي أُعيد نشرها مّرات عديدة على مدى أكثر من قرن، «عناصر هندسة بناء السفن» لدوهاميل دومونسو Duhamel du Monceau (1752)، «مقالة في الساعات البحرية» لبرتوه Berthoud (1771)، وبحثي بوغيه Bouguer حول بناء وقيادة السفن(1746 و 1757).

ولكن غالباً أيضاً يتطلّب وضع تقنية معيّنة، كما سبق أن أوردنا، تقصّياً ذا طابع علمي، ليس من حيث طريقته وحسب، ولكن أيضاً من حيث قصد المعرفة الذي يميّزه. إنّ تاريخاً للعلوم لا يكرّس مكاناً لمعرفة ظواهر الطبيعة التي تطوّرها التقنية يبقى ناقصاً جدّاً عاجزاً عن الإمساك بتواصل تطوّر معرفة بعض الأحداث والظواهر التي تولد في جوّ تقني تتميّز ضمنه بصفة علمية معيّنة، وتصبح تدريجياً عامّة أكثر، جليّة أكثر، مكتسبة عندئذٍ بالفعل طابع العلم بالمعنى الذي نفهمه اليوم. للحقيقة لم يُتّفق أبداً بشأن درجة نوعية معيّنة يمكن انطلاقاً منها

وصف معرفة ما بأنّها علمية. والميل العام هو إلى تحديد درجة عالية جدّاً، أقلّه عندما يتعلّق الأمر بعلم يصفه «التقنيون»، لأنّه يبدو التساهل أكبر مع العلماء: فأحياناً يمتدح هؤلاء على مجرّد تحسّسات، محاولات يجدر وصفها بالحرفية، وحتّى بحرفية رديئة النوعية. إلاّ أنّ خطواتهم تتطوّر أكثر الأحيان ضمن إطار فكري أوسع وأغنى من الإطار الذي يعمد فيه التقني إلى اختراعاته. كذلك يتعيّن الانتباه إلى ابتكارات تقنية محضة وضعت في مناخ فكري فريد الانفتاح والذكاء.

بالاختصار، بعد النظر إليهما من حيث المعرفة التي تنمو فيهما، غالباً ما يظهر العلم والتقنية أقلّ انفصالاً عن بعضهما ممّا يُعتقد حتّى اليوم بشكل عام. لا شكّ في أنّ المعرفة التي تستخدمها التقنية يضعها العلم أكثر فأكثر خارج مجال التقنية. ولكن، في الماضي، نلتقي بحالات عديدة نرى فيها المعرفة العلمية تُقدَّم في كنف التقنية. إنّ معرفة كهذه يجب أن يأخذها تاريخ العلوم بعين الاعتبار، ولكنّها في نفس الوقت تطال تاريخ التقنية. من هنا نجد هذين «التاريخين» مرتبطين ارتباطاً وثيقاً.

التقنية كأداة للعلم

إنّ الخدمة التي تؤدّيها التقنية للعلم بإمداده بأدوات تفيده لمعرفته هي جديرة بشكل خاص بالملاحظة لسببين اثنين: من جهة تنبثق هذه الأدوات معظم الأحيان عن اختراع غير عادي ويتطلّب وضعها معرفة ومهارة عالية النوعية؛ من جهة أخرى قد لعبت دوراً حاسماً في عدد كبير من الاكتشافات العلمية. أحياناً هي أدوات مشاهدة وقياس لم تغيّر أبداً، أو لم تغيّر كثيراً في الظواهر التي تُطبّق عليها، وأحياناً أخرى هي أدوات لعبت دوراً فاعلاً أكثر، بالمعنى الذي سنوضّحه في الفقرة اللاحقة، وأحدثت أشياء لم تكن معروفة سابقاً.

يمكن لتاريخ هذه الأدوات المتعلّق في آن واحد بتاريخ العلم وبتاريخ التقنية، أن يندرج ضمن أيّ منهما. الأمر هو عبارة عن مجرّد اصطلاح، إلاّ أنّه يجب أن لا ننسى، بعد إدراجنا إيّاه في أحد التاريخين، أنّه ينتمي أيضاً إلى التاريخ الآخر.

لكن النظر إلى تاريخ هذه الأدوات لا يجب أن يكون من زاوية الخدمة التي تسديها إلى العلم وحسب، فهي تهمّ تاريخ العلوم والتقنيات بصورة أكثر شمولية. وذلك لأنّه ليس العلم وحده الذي احتاج إلى أدوات الملاحظة والقياس، ولكن أيضاً التقنية والحياة العملية. لكن إذا كان استعمال بعض الأدوات علمياً فقط، مثل المنظار الفلكي، فهناك أدوات، بنسخة على نفس مستوى الدقّة أو أقلّ منه، استُعملت لأهداف عملية. هكذا مثلاً أدوات قياس الطول، الموازين، أو أيضاً الساعات، التي وضعت بادىء الأمر لغاية علمية لتحديد خطوط الطول، واستُعملت بعد ذلك في الملاحة، ثمّ في الحياة اليومية من أجل معرفة الوقت.

من جهة أخرى، لم يكن بالإمكان تحقيق أو على الأقل إتقان عدد من الأدوات إلاّ بفضل التطوّر العلمي؛ هكذا أدوات البصريات وأدوات القياس الكهربائي. ضمن هذه الرؤية، نجد هذه الأدوات كتطبيقات للعلم، وغالباً لعلم يختلف عن العلم الذي يستخدمها كوسيلة مشاهدة أو قياس.

أخيراً نلاحظ أنّ الأدوات العلمية، بحكم دقّتها المتزايدة، تظهر في آن واحد كسبب ونتيجة لتطوّر الدقّة في الموقف العلمي. ولهذا فهي لعبت دوراً يتجاوز بشكل ملحوظ الهدف الأساسي التي وُضعت من أجله.

إنّ مسألة أدوات القياس تتعلّق بشكل طبيعي بمسألة وحدات القياس. اختيار هذه الوحدات وتنظيمها ضمن نظام مترابط يمثّل أيضاً مهمّة تخدم في آن واحد العلم والتقنية وحيث العلم والتقنية يظهران متداخلين بشكل وثيق. وهنا يجب فهم التقنية بأوسع معنى لها، متضمّنة أيضاً عدداً من ممارسات الحياة اليومية التي تتعلّق بتقنية نموذجية جدّاً.

والمعروف أنّ مشكلة وحدات القياس تقدّم جانبين أساسيين ومنفصلين تماماً: الأوّل عملي محض، على مستوى تنظيم العمل، يتعلّق بعقلنة وتوحيد نمط الوحدات وأنظمة الوحدات. الأمر هو عبارة عن تقنية وإن لم تكن «مادّية»، «ميكانيكية»، فهي تشكّل أيضاً أحد المظاهر الكبرى للتقنية ككلّ. لقد اتُّخذنا كثيراً بالمظهر المادّي للتقنية ولم نعر الانتباه الكافي إلى الحاجز الذي أقامه أمام تطوّر العلم كما التقنية وحتّى نهاية القرن الثامن عشر، عدم ترابط الوحدات، ولا إلى أهمّية وضع نظام منسجم من الوحدات في عصر الثورة الفرنسية.

الناحية الثانية من مسألة الوحدات هي ذات طابع علمي أكثر: إنّها اختيار معايير القياس وكلّ المسائل الدقيقة التي يطرحها الاحتفاظ بها. لم يتناول أحد هذه المشاكل بجدّية قبل نهاية القرن الثامن عشر، إلاّ أنّها كانت وتبقى ذات أهمّية حيوية بالنسبة لتطوّر التقنية ولتطوّر العلم.

الفعل والبراعة في العلم وفي التقنية

إنّ العلاقة بين العلم والتقنية الناتجة عن دور الأدوات في التقصّي العلمي لا تشكّل سوى ناحية من ظروف عامّة أكثر هي ظروف تداخل العلم والتقنية الناتج عن أنّه إذا كان العلم تأمّلاً من حيث تقصيه فهو فعل من حيث خطواته. بعبارة أخرى، العلم، إن كان في تطوّره التاريخي أم في حالته الحاضرة، ليس محايداً تجاه الطبيعة. فكي يتوصّل إلى معرفة قوانينها طرح عليها الأسئلة، أخضعها لتحويلات عديدة، ركّب بين عناصرها بألف طريقة، وأجبرها على كشف جوانبها الخفيّة، وهو بكل هذه الأمور يقترب من التقنية. هكذا تنفتح

رؤية تشمل كلا العلم والتقنية وتتجاوزهما، هي تاريخ خطوات الإنسان الفاعلة إزاء الطبيعة. إنّها رؤية تستحقّ الانتباه بشكل خاص لا سيّما أنّه في هذا «الفعل» اختلط العلم بالتقنية لدرجة أصبح معها تقسيمهما إلى «تاريخين» ربما يؤدّي بنا إلى أن لا ندرك وحدة الديناميكية الخلاّقة التي تحيط بهما.

بهذا يمكن تبرير تأليف تاريخ، إلى جانب تاريخي العلم والتقنية منفصلين، حول موقف الانسان الفاعل تجاه الطبيعة، هذا التاريخ الذي يمكن تقسيمه إلى فئات كبيرة من الظواهر: رياضيات، ميكانيك، كهرباء، بصريات، كيمياء. في تاريخ كهذا تتعلّق أولّ وجهة نظر بنوع العمل الممارَس، أمّا أهداف هذا العمل ـ المعرفة، الفائدة أو أيضاً اللعب ـ فيجب بالطبع الإشارة إليها ولكنّها لا تمثّل سوى وجهة نظر ثانوية.

لا شكّ أنّ تاريخ العلم وتاريخ التقنية لم يغفلا عن هذا الموقف الفاعل والخلاّق، ولكن بما أنّهما لم ينظرا إليه بشكل مباشر ومستقل فلم يقوما بما يكفي بتفسير طبيعته وقيمته. لهذا ما نزال نرى كلمة «اكتشافات» غير الدقيقة تُطلق على إنجازات مختلفة جدّاً، مثل أوّل عزل لعنصر كيميائي، إبراز مفعول تيار كهربائي على مغناطيس، «اكتشاف» أشعّة إكس X، تحقيق اللايزر، اصطناع مركّب كيميائي. أكثر من هذا، بفصلنا الفعل العلمي عن الفعل التقني، لا يمكن الوصول إلى وصف مرض للحالات التي نصادفها دوماً حيث يرتبط هذان النوعان من الأفعال ارتباطاً وثيقاً.

على نطاق أوسع، يسمح لنا هذا التاريخ لفعل الإنسان في الطبيعة والذي لم يكتب بعد حتّى اليوم، بإبراز تطوّر تحكّم الإنسان بالأشياء والظواهر، ومعرفته لها، وكذلك إغناء الطبيعة بحقائق اصطناعية. هكذا يبدو أنّ تطوّر العلم والتقنية أدّى إلى تشكيل عالم من الحقائق المتكاثرة باستمرار والتي أصبح تمييزها والتحكّم بها يتمّان بصورة أفضل؛ تجمّع نجده في الوقت نفسه مصدراً للمعلومات ومصدراً للمنافع، ويغتني دون توقّف بعناصر جديدة تحت التحريض المزدوج من قبل ملاحقة المعرفة وبلوغ الفعالية.

تكتسب هذه الأشياء وهذه الظواهر حياة خاصّة مستقلّة نوعاً ما عن العلوم والتقنيات التي تستند إليها، لا بل إنّ هذه الحياة تتجاوز ميادينها وتذهب لتغذية، لتحويل التأمّل الفلسفي، الإبداع الأدبي والفنّي، وبشكل أوسع طرق الشعور والتفكير. في هذا الفعل يمكننا أن نميّز الأنواع التالية من الخطوات: أ «استكشاف» ظاهرة معيّنة أو شيء معيّن، مثلاً الاكتشاف بواسطة المجهر أجسام حيّة صغيرة؛ ب) قياس مختلف «كمّيات» الظاهرة: طول، نقل، وقت، حرارة؛ ج) التحكّم بالظاهرة مثلاً شلاّل ماء بواسطة طاحونة؛ د) الفصل بين أجزاء الظاهرة التي كانت مختلطة في الحالة الخام، هذا ما تقوم به الكيمياء التحليلية؛ هـ)

تركيب الظواهر، إما بهدف علمي لإبراز قانون أو خاصّة مفترضة، وإما بهدف تقني، مثلاً تكوين أجهزة بصرية من عدد من العدسات؛ و) الابتكار بمعناه الصرف: «اختراع» الورق، التركيب الكيميائي لأجسام غير موجودة في الطبيعة، إنتاج ضوء متماسك بواسطة اللايزر.

الناس، العقليات، الأنظمة

إذا أردنا أن نفهم كلّياً العلاقات بين العلم والتقنية على مدى التاريخ، علينا أن نضيف إلى التطلّعات المجرّدة التي اهتممنا بها حتّى الآن الاعتبارات الملموسة للناس، للعقليات وللأنظمة. لقد نما العلم والتقنية في بيئات كانت تسود فيها فكرة معيّنة حول طبيعتهما ودورهما، وحيث وُضعت الأنظمة وأقيمت مؤسّسات النشاط العلمي والنشاط التقني ضمن أنواع محدّدة جيّداً من التأهيلات الفكرية والمهنية.

العالم القديم على البحر المتوسّط، لا سيّما في اليونان، شهد ولادة ثمّ تطوّر علم نشأ كمعرفة متجرّدة؛ ثمّ حدّد بعض المسافة بينه وبين «التكني Tekné» أي المهارة اليدوية، والممارسات المتناقلة حسب التقاليد وخاصّة تحت شكل العمل اليدوي. العلم بالنسبة لأفلاطون هو ميدان الرجال الأحرار، المواطنين. ولا يجدر بهم أن يمارسوا مهناً ميكانيكية، أي المهن التي يقوم بها العبيد. لا شكّ أن العلم يستوحي من التقنية عدداً من الاقتراحات، من الأفكار، من «النماذج»، ولكنّنا لا نلاحظ حركة عودة من العلم باتّجاه التقنية، باستثناء بعض الأمثلة. فالعلم هو قبل كلّ شيء عمليّة تأمّل، معالجة للأفكار، وقلّما يشعر بحاجة للالتفات نحو الحقائق والنشاطات المادّية.

بالطبع اهتمّ الفلاسفة ـ العلماء الإغريق، مثل أمبيدوكليس Empédocle، أناكزيمينيس Anaximéne، تاليس Thalès، بفنّ الخزّاف، بالطبّ، بالموسيقى ووجدوا في هذه الأمور مادّة غنية للتفكّر؛ كما نعرف أنّ أرسطو كان واسع الاطّلاع حول تقنيات عصره. عدا عن أنّ بعضهم مارس النشاط التقني: لقد صنع تاليس أعمالاً فنّية، وأناكزيمينيس مزاول شمسية. لكن هذا كان عبارة عن اهتمامات لا علاقة لها مع العلم. الاهتمام بتطوير التقنية بواسطة معرفة ترتفع عن تجريبية الممارسات الحرفية كان غائباً كلّياً تقريباً لدى الإغريق. هكذا فإنّ قرن بيريكليس Périclès لم يُترجم عبر أيّ تطوّر يستحقّ الذكر. بعد ذلك فقط وخاصّة في أوساط إيونيا تعدلّ هذا الموقف بعض الشيء لا سيّما مع أرخميدس (القرن الثالث قبل الميلاد)، وهو عالم ومهندس كان العلم والتقنية لديه يسند أحدهما الآخر.

كذلك نلاحظ في العصر الصيني القديم وضعاً مشابهاً؛ لقد وصلت التقنية إلى مستوى عال، لكنّها لم تتلقّ أيّ شيء تقريباً من التأمّلات العلمية.

خلال القرون الوسطى، وبالرغم من عدم وجود حواجز بينهم (بعكس ما قيل بعض

الأحيان)، فإنّنا نلاحظ القليل من الاحتكاكات ما بين أوساط الفلاسفة والعلماء المتمسّكين قبل كلّ شيء بالتأمل ووسط الحرفيين (حدّادون، صاغة، نسّاجون، بنّاؤون) المجرّدين من المعلومات العلمية، وهي لم تكن بأيّ حال لتقدّم لهم الفائدة الكبيرة وذلك بسبب طابعها التجريدي. إلاّ أنّ أنظمة المعرفة التي خلّفها لنا هوغ دو سان فيكتور Hugues de Saint - Victor في القرن الثاني عشر، وفنسان دو بوفي Vincent de Beauvais وريمون لول Raymond Lulle في القرن الثالث عشر، تربط عضوياً ما بين العلم والتقنية.

عند بداية القرن الخامس عشر حصل تغيّر ملحوظ، ليس فقط في جميع الميادين بل أيضاً في العديد من القطاعات المهمّة، خاصّة هندسة البناء، الفنّ العسكري، فن المناجم، صنع الآلات، وبناء الطواحين. وتثبّت نوع مهني جديد هو المهندس. يختلف المهندس عن الحرفي، المنغلق في نظام ضيّق حيث كانت الممارسات التقنية تبقى غالباً من الأسرار، بأنّه يريد أن يكون مُبدعاً، مخترعاً، راغباً في إفادة التقنية من مناهل العلم، الذي كان عندئذٍ الرياضيات بشكل خاص، وهذا ليس في نطاق اختصاص ضيّق وحسب، بل في ميادين متنوّعة جدّاً، لا سيّما في الفنّ العسكري. وقد بلور عدد من المهندسين معرفتهم ضمن مقالات ودراسات سبق أن أشرنا إلى البعض منها. لا شك في أنّ ليوناردو دافينشي هو الأكثر شهرة بين هؤلاء المهندسين، ولكن كان هناك من سبقه خلال القرن الخامس عشر.

مع هذا فإنّ العلم الذي يوظّفه هؤلاء المهندسون هو محدود جدّاً؛ والقليل منهم شارك بتطوّر العلوم. ولكن تجدر الإشارة إلى بعض الإسهامات العلمية القيّمة ونذكر بشكل خاص تارتاغليا Tartaglia، وستيفن Stevin الذي كان في الوقت نفسه مهندساً كبيراً وأحد أبرز علماء عصره.

خلال القرن السابع عشر بدأ العزل بين عالم العلم وعالم التقنية يخفّ تدريجياً: فبعد أن أصبح العلم أكثر اختبارية أخذ يعود إلى التقنية كي يجد فيها الأدوات التي يحتاجها وغالباً ما قام العلماء أنفسهم بدور التقنيين. وهكذا أصبحوا على اتّصال مباشر بالحرفيين، لا سيّما صانعي الأدوات، والعاملين بالبصريات. إلاّ أنّ الاهتمام بالتقنية بقي محدوداً، ولم تشجّع «ذهنية العصر» أو أيضاً ضعف تطوّر العلوم على البحث عن طريقة منهجية لتطوير التقنية عبر تطبيق العلم.

عامل آخر مهم من عوامل التقارب بين العلم والتقنية هو إنشاء أولى المؤسّسات العلمية الكبيرة خلال النصف الثاني من القرن، مثل الجمعية الملكية في إنكلترا وأكاديمية العلوم الملكية في فرنسا. في وقت مبكر أبدت هذه التجمّعات اهتمامها بمختلف التقنيات،

وخاصّة بالآلات، وقد عهدت إلى بعض أعضائها بمشاريع تقنية كبيرة مثل أولى المشاريع الدقيقة حول مساحة الأرض مع القس بيكار Picard.

من جهة أخرى ساهم مهندسون ومعماريون على مستوى عال من الثقافة العلمية، مثل كلود بيروه Claude Perrault أو فوبان Vauban في فرنسا، بإعطاء التقنية منحى أكثر علمية. إلاّ أنّه في العديد من الميادين ـ صنع الآلات والأدوات، الصناعة المعدنية، الصناعات النسيجية ـ بقيت الغلبة للحرفيين وأصحاب الخبرة العملية.

خلال القرن الثامن عشر بقيت التقنيات تجريبية بمعظمها، لكنّها نعمت في الأوساط المثقّفة ولا سيّما في الأوساط العلمية باهتمام متزايد جدّاً. وقد أسهمت بذلك إلى حدّ بعيد جردات الفنون والمهن التي قامت بها أوّلاً أكاديمية العلوم حيث أصدرت سبعة مجلّدات، من سنة 1735 إلى سنة 1777، حول «الآلات والاختراعات المصادق عليها من قبل الأكاديمية» ثمّ «شرح الفنون والمهن التي قامت بها أو صادقت عليها الأكاديمية الملكية للعلوم، مع الصور والأشكال التابعة» (ستّة وسبعون مجلّداً من سنة 1762 إلى سنة 1789)، وبعدها محرّرو الموسوعة L'Encyclopédie التي تدلّ عبر عنوانها «الموسوعة أو القاموس المنهجي للعلوم، الفنون والمهن»، على اهتمامها بجمع التقنيات مع العلوم. الطبعة الأولى التي بدأت سنة 1751 لم تنته قبل سنة 1780. وبعبارة «فنون» يجب أن نفهم في آن واحد الفنون النبيلة (آداب، رسم، موسيقى) والفنون «الميكانيكية» التي تشكّل التقنية بمعناها الحديث. من ضمن المجلّدات الثمانية والعشرين التي ألّفت هذه الطبعة كان هناك سبعة للّوحات، كرّست بشكل خاص لوصف مختلف المهن والصنائع. لكن هذه الشروحات كانت أكثر ما تطال التقنيات التقليدية، أمّا التقنيات الجديدة، مثل مكنة البخار، فلم يُخصّص لها سوى مكان صغير.

وقد تزايدت حدّة تداخل العلوم والتقنيات خلال القرن الثامن عشر بحكم تكاثر المهندسين وارتفاع ثقافتهم العلمية. لقد لعب المهندسون دوراً متزايداً في الفن العسكري، خاصّة في التحصينات؛ في الأشغال العامّة (بناء الطرقات والجسور)، هكذا في فرنسا مع بيرونيه Perronet وفي بريطانيا مع مايلن Mylne؛ وكذلك أيضاً في استثمار المناجم. إلاّ أنّ صنع الآلات لم يكن محض إنتاج المهندسين، ولكن تقنيين على المستوى العالي، حلّوا مكان النوع التقليدي من صانعي الآلات. هؤلاء المهندسون وهؤلاء التقنيون لعبوا دوراً مهمّاً في بريطانيا في نشر التقنيات الصناعية الجديدة، ونذكر منهم رامفورد Rumford. وقد نعموا بتقدير واحترام الأوساط العلمية. عند منتصف القرن الثامن عشر، استقبل تقنيون كبار مثل جون سميتون John Smeaton الذي لعب دوراً بارزاً في تطوير مكنة البخار وجون دولند

John Dollond صانع أدوات علمية، في الجمعية الملكية. أمّا في فرنسا فبالعكس نرى استمرار تحفّظ «العلماء» تجاه من يهتمّ «بالفنون الميكانيكية». لطالما شكا فوكانسون Vaucanson بمرارة من عدم وجود من يصغي إليه في أكاديمية العلوم، وفقط عند نهاية القرن الثامن عشر توصّل خبير عملي كبير وموهوب، هو جوزيف لونوار Joseph Lenoir، إلى الدخول للمرّة الأولى في أحد الأجهزة العلمية وهو «مكتب خطوط الطول».

في بريطانيا خلال القرن الثامن عشر كان تأهيل المهندسين والتقنيين يجري في أماكن العلم. أمّا فرنسا فقد شهدت إنشاء تعليم تقني عال، يتضمّن تأهيلاً علمياً أساسياً متيناً: مدرسة الجسور والطرقات (1740)، مدرسة هندسة ميزيير Mézières (1748)، مدرسة صانعي السفن (1765)، مدرسة المناجم (1783)، مدرسة الفنون والمهن (1794)، ومدارس عديدة أخرى للرسم، لفنّ رسم الخرائط، للهيدروغرافيا، الخ.

بعد الثورة الفرنسية قام في فرنسا أسلوب جديد في العلاقات بين العلم والتقنية، ففي قطاعات أوسع وأوسع أخذت التقنية التجريبية والتقليدية تفسح المجال أمام التكنولوجيا. نتيجة وسبباً في وقت واحد لهذا التطوّر قامت مدرسة البوليتيكنيك، التي أُنشئت سنة 1794، بدور كبير في فرنسا بهذا الصدد. بشكل رئيسي في ميادين الأشغال العامّة، العمارة المدنية، الميكانيك، صناعة السفن، الهيدروليك، استثمار المناجم، ساهم خرّيجو مدرسة البوليتيكنيك بتطوير موقف أكثر علمية في معالجة المسائل التقنية، لا سيّما بتخصيصهم مكاناً مهماً للدراسات المسبقة المتعمّقة وللتجارب المنهجية. وقد كانت الرياضيات، التي عرفت تطوّراً ملحوظاً انطلاقاً من القرن التاسع عشر، عبارة عن الأداة الملائمة لمعالجة هذه المسائل. كذلك استفادت التقنية من تطوّر الميكانيك، خاصّة ميكانيك الموائع. عدد كبير من هؤلاء المهندسين كانوا في الوقت نفسه علماء من الدرجة الأولى، مثل آشيت Hachette، بونسليه Poncelet، كوريوليس Coriolis، لاميه Lamé.

لكن نوع التأهيل التجريدي الذي تميّز به المهندسون ليس فقط في مدرسة البوليتكنيك ولكن أيضاً، ولو بدرجة أقلّ، في المدارس الكبيرة الأخرى التي نشأت في القرن الثامن عشر أو التي تأسّست آنذاك، خاصّة المدرسة المركزية للفنون والصنائع (1829)، هذا النوع إذن جعل عدداً من اختراعات القرن التاسع عشر، لا سيّما في مجال الميكانيك، يأتي نتيجة عمل أصحاب خبرة عملية وليس مهندسين، بشكل خاص في ما يتعلّق بالمكنات النسيجية. إلاّ أنّه تجدر الإشارة إلى الدور المهمّ الذي لعبه في تطوّر الصناعة الكيميائية خلال القرن التاسع عشر علماء مثل شوفرول Chevreul، برز ليوس Berzelius وليبيغ Liebig.

في بريطانيا، أيضاً خلال القرن التاسع عشر، كان العلماء بشكل عام رجالاً عصاميين،

حتّى أولئك الذين نُدين لهم بأبرز الإنجازات، مثل كبار بناة الجسور والسفن، نذكر منهم برونل Brunel مارك ايسمبارد Marc Isambard وابنه ايسمبارد، ومخترعي وصانعي الآلات، هنري مودسلي Henri Maudslay، ريتشارد روبرتس Richard Roberts، جون ناسميث John Nasmyth، جوزيف ويذوورث Joseph Withworth.

عند نهاية القرن التاسع عشر وفي القرن العشرين أصبحت الابتكارات الكبيرة أكثر فأكثر من صنع المهندسين وحتّى العلماء. مع هذا رأينا بعض أصحاب الخبرة العملية، مثل غرام Gramme واديسون Edison في مجال الكهرباء، يلعبون دوراً من الدرجة الأولى في تطوّر التقنية.

العلاقات بين العلم والتقنية
تبعاً لميادين الظواهر الكبيرة

علم الحساب

جرت العادة على تناول تاريخ علم الحساب ضمن إطار تاريخ العلوم، حيث يترك له تاريخ التقنية عمداً التقنيات «المجرّدة»، غير المادّية. لهذا السبب لا نجد دوماً الدور العملي لعلم الحساب موضّحاً بشكل كاف من حيث صفة اختصاصه. لكنّنا نعرف أنّ أنظمة التعداد وقواعد الحساب وضعت في العصر القديم من أجل غايات عملية ـ الحياة اليومية، التجارة. كذلك تنبثق الحسابات التي نلتقيها في علم الفلك القديم وخلال القرون الوسطى بمعظمها عن حاجات عمليّة: وضع الروزنامة، الذي نتج عنه فن حساب الأعياد، معاينة المواقع إمّا على سطح الأرض، وإمّا في البحر، وكذلك علم التنجيم الذي جذب بشكل خاص خلال القرون الوسطى وعصر النهضة اهتمام علماء الفلك، حتّى البارزين منهم مثل كبلر Kepler.

الحساب العملي خلال العصر القديم ما قبل الهلّيني لا يقوم على أساس علم واضح ولكنّه يظهر، من جوانب عديدة، فهماً ملحوظاً لخصائص الأعداد، خاصّة في حضارة بلاد ما بين النهرين.

مع الإغريق، خاصّة في مدرسة فيتاغورس Pythagore، ظهر تفكّر مجرّد حول الأعداد، مرتبط ارتباطاً شديداً بالرؤى الفلسفية و «الروحانية». أمّا علاقته بتقنيات الحساب فهزيلة جدّاً، كما أنّ هذه التقنيات، بحكم طابعها العملي، قلّما كانت تخصّص مكاناً «للتأمل» في الأعداد وكانت تكتفي غالباً بالحسابات التقريبية. إلاّ أنّ طرق التقريب أدّت خلال القرون الوسطى، خاصّة عند العرب، إلى أعمال مهمّة حملت قيمة علمية وساهمت

بشكل ملحوظ بتطوّر الرياضيات البحتة، لا سيّما في مجال تكوين الحساب لانهائي الصغر. علم الحساب التجاري الذي عرف نموّاً كبيراً للغاية انطلاقاً من القرن الثالث عشر، خاصّة في إيطاليا، يبدو غالباً عملي الطابع، لكن هذه العملية تميّزت معظم الأحيان برؤى عميقة كتلك التي أدّت إلى إنشاء القيد المزدوج في المحاسبة، خلال القرن الخامس عشر، وإلى اختراع اللوغاريتمات من قبل نيير Neper (1614).

علم الهندسة

مثل حالة علم الحساب العملي، لم يأخذ المؤرّخون بما يكفي علم الهندسة العملية بعين الاعتبار، وذلك لأنّ العادة جرت كذلك على إلحاقها بتاريخ العلوم. غالباً لا نرى فيها أكثر من مصدر لعلم الهندسة البحت.

ولكن بحكم طابعه التجريدي نفسه نلتقي بعلم الهندسة في ميادين عملية متنوّعة. أوّلاً ميدان قياس المساحات وأيضاً قياس الأحجام؛ ومن هذا الاحتياج انطلقت طرق حساب بدأت تجريبية محضة في أولى الحضارات، ثمّ أدّت إلى تفكّر مجرّد لكنّها لم تتبلور قبل العصر القديم الإغريقي. متى أصبحت علماً عرفت الهندسة كلّ التطوّرات الملحوظة التي نعرفها، أوّلاً مع الفلاسفة الإغريق الأوائل، ثمّ مع إقليدس، أبولونيوس وأرخميدس. ويُفترض بتقنيات قياس المساحات أن تكون استفادت من هذا التطوّر «العلمي»، إلاّ أنّها احتفظت، حتّى خلال القرون الوسطى، ببعض الاستقلالية، حيث إنّ عدداً من قواعد هذا الحساب بقي تجريبياً نظراً لأنّ عملية التقريب التي كان يمكن الاكتفاء بها كانت تسمح هنا أيضاً بالاستغناء عن دقّة العلم البحت.

كذلك رأينا التقنية الهندسية تتجلّى في قياسات الزوايا، وقد لعبت دوراً أساسياً في علم الفلك، النظري كما العملي، وفي عمليات قياس الكرة الأرضية (جيوديزيا، طوبوغرافيا). إنّ الأدوات التي سمحت بهذه القياسات ووصفت بأنّها «أدوات رياضية» كانت تعود، وحتّى العصر الحديث، إلى تضافر جهود الحرفيين والعلماء. أكثرها انتشاراً كان الأسطرلاب. كما أنّ مهارة الحرفيين سمحت بوضع ترقيمات زاويّة دقيقة أكثر فأكثر، بينما كانت طريقة هذه القياسات نفسها تشهد تطوّرات كبيرة لا سيّما مع المكيرومتر الذي اخترعه العالم أوزوه Auzout في القرن السابع عشر، ثمّ مع تطوّر نظرية الأخطاء وتخفيفها التي شارك فيها بشكل ملحوظ علماء كبار مثل لابلاس Laplace وغوس Gauss؛ نظرية تنطبق أيضاً من جهة أخرى على قياسات الطول.

أمّا إدخال علم البصريات في قياسات الزوايا فقد قاد (خاصّة انطلاقاً من بداية القرن الثامن عشر) إلى أدوات من نوع جديد، أسهل للاستعمال وذات دقّة أكبر، مع اعتماد أجهزة

التصويب في المنظار الفلكي، وفي مجال الملاحة مع الأجهزة العاكسة والشكل الأكثر تطوّراً بينها كان السدسية. هنا أيضاً نرى أنّ هذه التطوّرات قد نتجت عن مشاركة وثيقة بين العلماء والحرفيين.

بالنسبة لرسم الخرائط فهو فنّ مرتبط جدّاً بالطوبوغرافيا والجيوديزيا يشكّل تقنية هندسية لم تصبح علمية فعلاً قبل القرن السابع عشر. قاصداً التمثيل المسطّح للأرض، الذي مارسه أهل العصر القديم، كان فن رسم الخرائط يطرح مسائل بقي علم الهندسة طويلاً عاجزاً عن حلّها بطريقة مرضية. إلاّ أنّ هيبارخوس Hipparque أدرج الإسقاط المجسامي وبطليموس الإسقاط المخروطي. أمّا التمثيل بواسطة خطوط العرض المتصاعدة، الذي تصوّره جيرار مركاتور Gérard Mercator في القرن السادس عشر، فلم يكن بادىء الأمر سوى عملية تجريبية، وفقط عند بداية القرن السابع عشر أمكن وضع نظرية هندسية صحيحة بهذا الصدد.

تمثيل الأشكال ثلاثية الأبعاد بواسطة صور مسطّحة يشكّل ميداناً آخر ذا أهمّية كبيرة في مادّة الهندسة العملية، وقد بقي حتّى بداية القرن السابع عشر مستقلاً نوعاً ما عن الهندسة البحتة.

في قطع الأحجار للبناء بقي طويلاً يعتمد فقط على علم هندسة نموذجي جدّاً. بالطبع كان يستعمل تمثيلات مسطّحة، وهذا منذ بناء الأهرام في مصر، لكن وضعها كان تجريبياً جدّاً.

أدّى اهتمام الرسّامين المتزايد بعلم المنظورات، في عصر النهضة، إلى أبحاث هندسية ملفتة بشكل عام؛ لا سيّما مع ألبيرت دورير Albert Dürer. لكنّها لم توصلنا إلى نظرية علمية حقيقية كما أنّ علماء الهندسة لم يعروها اهتمامهم. فقط مع ديزارغ Desargues، وهو صاحب خبرة عملية في الأصل، ثمّ مع باسكال Pascal، عرفت القيمة العلمية للمسائل التي تطرحها المنظورات. عندئذٍ ولدت الهندسة الإسقاطية، ولكن نعرف أنّ هويّتها لم تتحدّد فعلاً ضمن العلم الرياضي قبل نهاية القرن الثامن عشر، وخاصّة عند بداية التاسع عشر مع بونسليه Poncelet وشال Chasles.

أمّا بالنسبة للهندسة الوصفية، وهي طريقة عامّة لتمثيل الأشكال ثلاثية الأبعاد بواسطة إسقاطين اثنين، فيعود تاريخها فقط إلى النصف الثاني مع القرن الثامن عشر. وقد كان لمونج Monge، مؤسّسها، تأثير ملحوظ ساهم بشكل خاص بإضفاء طابع علمي للرسم الصناعي، وبشكل أخص لرسم الآلات. ولكن، أيضاً في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، كانت هذه الطريقة العلمية تُطبّق فقط على صنع الآلات المهمّة فعلاً.

علـم البصريات

في مجال علم البصريات، تجلّت العلاقات بين العلم والتقنية مع ظهور الأدوات البصرية ثمّ تطوّرها انطلاقاً من القرن السابع عشر. هذه العلاقات تظهر لنا عبر ثلاثة تطلّعات يجدر تمييزها بعناية.

I ـ الخدمات التي تقدّمها التقنية البصرية للعلم، ويمكن تقسيمها إلى فئتين:

أ ـ تزايد دقّة قياس الزوايا والمسافات والذي أشرنا إليه عبر استعمال المنظار كأداة لتوجيه النظر، إمّا في علم الفلك إمّا في القياسات على سطح الأرض (جيوديزيا، طوبوغرافيا).

ب ـ توسّع حقل الظواهر المعروفة: الكواكب مع المنظار الفلكي، الكائنات الفيزيائية والحية الصغيرة مع المجهر.

II ـ الاهتمام الذي أبداه العلماء بتقنيات صنع الأدوات البصرية. هكذا كان غاليلي Galilée وشاينر Scheiner على علاقة وثيقة مع الحرفيين الذين صنعوا أولى المناظر الفلكية، كما كان لهما على ما يبدو محترفاتهما الصناعية الخاصّة. ديكارت Descartes، هوغنز Huygens وهوك Hooke اهتمّوا بوضع الزجاج البصري وطريقة قطعه.

III التطبيق التدريجي لتطوّرات علم البصريات الهندسي في وضع الأدوات البصرية. من أجل هذا كان يجب أن تكون مادّة البصرية الهندسية متطوّرة بما فيه الكفاية. لا شكّ في أنّه في العصر القديم كانت تُعرف قوانين انعكاس الضوء كما أنّ بطليموس لاحظ مذ ذاك ظواهر انكسار. أمّا ابن الهيثم، وهو عالم فلكي من مدرسة القاهرة، فقد حاول تفسير القدرة المكبّرة للعدسات الكروية، واختبر مع المرايا الكروية والقطعية المكافئة وأوضح الانزياغ الكروي؛ في بداية القرن السابع عشر قام كبلر Kepler، ومن بعده سنيليوس Snellius وكافاليري Cavalieri، بتحديد المسافات البؤرية في العدسات، كما أعلن ديكارت في كتابه «الانكساريات» (1637) قانون انكسار الضوء. لكن خصائص الزجاج البصرية كانت ما تزال غير أكيدة وطريقة قطعه غير دقيقة لدرجة لم يكن يمكن معها بعد تطبيق البصرية الهندسية، حتّى على أبسط الأدوات. هذا التطبيق لم يبدأ إلاّ مع هوغنز Huygens في النصف الثاني من القرن السابع عشر، وإليه يعود وضع أوّل عينية مركّبة. وفقط في القرن الثامن عشر، مع كليروه Clairaut، أولر Euler ودالامبير D'Alembert قام حساب حقيقي للتركيبات البصرية. عندئذٍ، بين العامين 1720 و 1780، عرفت صناعة الأدوات الفلكية تطوّراً كبيراً وحقّقت إنجازات مهمّة ليس في ما يتعلّق بالأنظمة البصرية وحسب، بل أيضاً وضعية أنابيب المناظير، التوجيهات وقياسات الزوايا. إلاّ أنّه حتّى في ذاك العصر تأخّر الحرفيون في

استخدام هذه النظريات. إنّ أولى المجاهر البسيطة، التي عرفت نجاحاً كبيراً في الربع الأخير من القرن السابع عشر، لا تدين بشيء إلى البصرية الهندسية، والشيء نفسه بالنسبة لأولى المجاهر المركّبة التي ابتُكرت في ما بعد.

من جهة أخرى كان وضع الأدوات البصرية يصطدم بمشكلة الأكروماتية (خاصّة إنفاذ الضوء من غير تحليله). لقد طرحت هذه المشكلة منذ نهاية القرن السابع عشر، ولكن لم يكن العلم هنا بالمستوى المطلوب، وقد حلّ مكانه لفترة من الوقت «فعل» صاحب الخبرة العملية الذي تناقض معه أحياناً: في دراسته حول البصريات (1704) كان نيوتن Newton قد أكّد أنّ صنع الشبحيات الأكروماتية بواسطة تركيب عدستين يختلف مؤشّرا انكسارهما لم يكن ممكناً. وكان نفوذ نيوتن قوياً لدرجة ساد معها هذا الرأي على مدى نصف قرن من الزمن. أولى الشبحيات الأكروماتية التي صنعت عام 1733 مرّت دون أن يلحظها أحد، وفقط مع أولر عرفت المشكلة حلاً علمياً دقيقاً. عند بداية القرن التاسع عشر، مع مالوس Malus (1808) ثمّ غوس (1838-1841)، وضعت أوّل نظرية كاملة للأنظمة المركّزة.

خلال القرن التاسع عشر ظهرت العلاقة بين العلم والتقنية في مجال البصريات تحت أشكال جديدة وعديدة. أوّلاً عبر توسّع ملحوظ لحق الظواهر «البصرية»: إلى البصريات المرئية أضيفت البصرية ما تحت الحمراء والبصرية ما فوق البنفسجية؛ من جهة أخرى سمح تطوّر المطيافية بالتعرّف إلى أنّ العناصر المختلفة تتعلّق بحزوز ذات طول موجة محدّد. إنّ «التحكّم» بهذه الظواهر الجديدة كان مفيداً في الوقت نفسه للصناعة كما للعلم، وقد سمح بشكل خاص بانطلاقه تقنيات تحليل المادّة.

يقدّم لنا التصوير الفوتوغرافي حالة أخرى مهمّة من حالات العلاقة بين العلم والتقنية. من الناحية البصرية كان مبدؤه، غرفة التحميض، معروفاً منذ القرون الوسطى كما أمكن صنع عدسيات تصويرية منذ القرن الثامن عشر. إذن بهذا الصدد كان العلم اللازم لابتكار التصوير متوفّراً قبل اختراعه بكثير. لكن هذا الاختراع كان يفترض تثبيت الصورة؛ هنا أيضاً، في بداية القرن التاسع عشر، لم يكن باستطاعة العلم تقديم العناصر الضرورية. لكن هنا تكمن مسألة تتعلّق بالكيمياء الضوئية سنتطرّأ إليها لاحقاً في الفقرة التي تتناول الكيمياء.

الميكانيك

إذا أخذناه من وجهة النظر الحديثة، يمكن تقسيم مجال الميكانيك إلى ميادين منفصلة، لا سيّما ميكانيك الجوامد وميكانيك الموائع، إلاّ أنّه يمثّل مادّة موحّدة من حيث مفاهيمه ومبادئه الأساسية. أمّا في الماضي فقد كان هذا المجال يظهر من جوانب نميّزها

بوضوح أكثر خاصّة إذا أخذناها من وجهة النظر التي تهمّنا هنا، وهي العلاقات بين العلم والتقنية. لهذا بدلاً من أن نعتمد الرؤية الشاملة سنركز اهتمامنا على التوالي على الميادين الثانوية التي اقتُسم في ما بينها مجال الميكانيك في الماضي ونطرق مسألة العلاقات بين العلم والتقنية ضمنه.

الستاتيكا (علم السكون)

معروف لدى الجميع أنّه في وسط التقنية ظهرت مفاهيم القوّة، ثمّ العزم والعمل المرتبطين بها ارتباطاً وثيقاً. إنّها قاعدة علم السكون، علم اتّحاد القوى وتوازنها. في حضارات العصر القديم نلتقي بأنواع عديدة من أجهزة مضاعفة القوى وتغيير اتّجاهها؛ أوّلاً الرافعة، ثمّ في اليونان خلال القرن الرابع ق. م، البكرة، الخنزيرة، والبكّارة. إلى هذه الأجهزة يجب أن نضيف آلات الحرب ومختلف أصناف الموازين. لقد قدّم لنا أرخميدس (القرن الثاني ق. م) أوّل نظرية شاملة لاستعمال هذه الأجهزة، ولكن لسنا أكيدين من أنّها ساهمت كثيراً بالتطوّر التقني في هذه الميادين الذي بقي من جهة ثانية محدوداً جدّاً حتّى العصور الحديثة، بالرغم من أنّه تجدر الإشارة إلى المساهمة الملحوظة في القرن الثاني ق. م من قبل هارون الإسكندراني وفيلون البيزنطي. لم يتجلّ تطوّر هذا المجال كعلم من العلوم إلاّ مع حساب مراكز الثقل، وهو مسألة أوحتها التقنية بمعظمها، وقد كانت كما نعرف محرّضاً قيّماً على تطوير الحساب لانهائي الصغر. لقد كان تطوّر علم السكون وتطبيقه على التقنية، وخاصّة في مجال البناء، يستلزمان معرفة نظرية الموجّهات، لكن هذه النظرية لم تكن مكوّنة قبل القرن الثامن عشر. أمّا مشاكل علم السكون الدقيقة التي طرحها بناء كاتدرائيات القرون الوسطى فقد تمّ حلّها بصورة تجريبية محضة. فقط خلال القرن التاسع عشر تمّ استخدام علم السكون منهجياً وعلمياً من أجل حساب الصقائل والأبنية الحجرية.

كذلك تقدّم لنا الهيدروستاتيكا أي علم توازن الموائع وضغطها وضعاً مشابهاً. لقد أدّت مسألة رفع المياه وجرّها، منذ العصر القديم الأوّل، إلى ممارسات بارعة جدّاً بصورة عامّة. لكن فقط خلال العصر القديم الإغريقي، وفي تاريخ غير محدّد، تمّ اختراع الرشّاف. أمّا بالنسبة لمضخّة المياه فيبدو أنّها لا تعود إلى ما قبل العصر الروماني؛ من جهة أخرى لم يُعرف حدّ مقدرتها الرافعة قبل القرن السابع عشر، ما أدّى إلى اكتشاف الضغط الجوّي. إلاّ أنّه مع «دراسة الأجسام العائمة» لأرخميدس تأسّست هيدروستاتيكا علمية حملت أفكاراً موجّهة كان لها تأثير ملحوظ على تطوّر التقنيات الهيدرولية. وفي القرن السابع عشر، خاصّة مع باسكال، عرفت الهيدروستاتيكا تطوّرات ملحوظة، ولكن حتّى في القرن الثامن عشر فإنّ الأعمال المرافئية، بناء مكاسر الأمواج والأقنية، الري، تصريف المياه كانت تقوم دون شك

على قواعد منبثقة عن ملاحظات عديدة ومنهجية نوعاً ما، ولكن قلّما تتعلّق بالعلم البحت.

الآلات

بكلمة آلات لا نريد أن يُفهم هنا الآلات البسيطة: الرافعة، البكرة، الخ. التي أوردناها أعلاه، بل أجهزة أكثر تعقيداً تؤمّن تركيبات من الحركات التي تميّز كلاً منها. خلال العصر القديم كانت هذه الآلات نادرة نوعاً ما باستثناء بعض آلات الحرب وتلك الأجهزة التي لم يكن هدفها عملياً بقدر كان للإدهاش، للعرض، وهي الأوتومات. لقد تكاثرت الآلات خلال القرون الوسطى مع تطوّر الطواحين، ثمّ في العصور الحديثة مع أتمتة أو تألية الغزل، النسيج، شغل المادّة، الخ. ولكن كما ذكرنا في بداية الفصل فإنّ الآلات، كما هي، من حيث مبدئها، لا تستخدم العلم مباشرة؛ فالتركيبات التي تكمن خلفها تشكّل ناحية خاصّة من التقنية تميّز هذه الأخيرة بوضوح عن العلم. ولم تأخذ هذه التركيبات طابعاً علمياً إلاّ في عصرنا، وأيضاً بصورة جزئية، مع إيضاح مفاهيم الإعلام، الارتكاس والتقوية.

مع هذا كان للآلات تأثير كبير على تطوّر العلوم، خاصّة انطلاقاً من القرن السابع عشر، لا سيّما مع ديكارت، حيث انّنا لاحظنا بواسطتها ظواهر فلكية، فيزيائية وبيولوجية. لكنّنا نعرف أنّ هذه النماذج ظهرت بشكل عام بعيدة عن الواقع نوعاً ما، كما أنّ الأفكار الأولية التي شجّعت عليها قد تكون بالنهاية أخّرت العلم أكثر ممّا ساهمت بتقدّمه.

الديناميكا (علم القوى)

بالنسبة للديناميكا التي أنشأها خلال القرن السابع عشر غاليلي، ديكارت، لايبنيز Leibniz، ونيوتن فلن نقف عندها مطوّلاً، على الأقلّ بكونها مادّة علمية عامّة تتناول القوّة والحركة. وهذا لسببين اثنين.

من جهة هي لا تدين بالكثير إلى التقنية، ففي الواقع لا يمكننا أن نعتبر عمليّات وأجهزة بسيطة كسقوط الأجسام، الحدر، إطلاق المقذوف من التقنيات.

من جهة أخرى بقي تطبيق الميكانيك الحديث على التقنية خلال القرن السابع عشر محدوداً نوعاً ما، باستثناء تطبيق هوغنز للبندول على قياس الوقت (1676). وحتّى خلال القرن الثامن عشر، فإنّ التقنيات التي كان من الطبيعي أن يدخل فيها علم الميكانيك ـ أولى مكنات البخار، علم المقذوفات، الهيدروليكا، حركة السفن، صناعة الآلات ـ قلّما عادت إليه في الواقع. لا شكّ في أنّ دراسات بيليدور Belidor التي سبق أن أشرنا إليها والتي عرفت انتشاراً واسعاً، تتضمّن العديد من الرؤى العامّة وتستدعي الرياضيات على نطاق واسع، لكنّها كانت تقوم على ميكانيك كان ما يزال تجريبياً جدّاً. وبالرغم من التطوّرات التي عرفها علم الميكانيك، خاصّة في مجال ميكانيك الموائع، الذي سنطرقه أكثر بالتفصيل، فإنّه كان

يبقى «عالماً» جدّاً كما كانت مشاكل التقنية الميكانيكية معقّدة جدّاً بشكل لم يمكن معه في هذا المجال تطبيق العلم على التقنية.

ميكانيكا الموائع

فقط خلال القرن الثامن عشر، مع جان Jean وخاصّة دانيال برنولي Daniel Bernoulli، أولر، دالامبير، ولاغرانج Lagrange أمكن تشكيل علم ميكانيكا الموائع. لقد كان هذا العلم بحاجة إلى جهاز رياضي لم يكن يوجد قبل ذاك العصر، لا سيّما نظرية معادلات المشتقّات الجزئية. لذا بقيت التقنيات التي تستخدم ديناميكا الموائع إلى ذلك الحين تجريبية محضة. إلاّ أنّه اكتشفت بعض نواحي سلوك الموائع عبر مسيرة كانت تتّسم بطابع علمي خاصّة مع تطوّر نوافير المياه، الينابيع، الخ. انطلاقاً من عصر النهضة، وقد عرفت كلّ هذه الأمور نجاحاً كبيراً. إلاّ أنّ معظم الابتكارات التقنية في هذا المجال ـ العجلات المائية، الدفّة، تصميم شكل المراكب ـ لا تدين بشيء إلى العلم، حتّى خلال القرن الثامن عشر حيث كانت أبرز النظريات التي طُوِّرت آنذاك «تمثلن» الواقع كثيراً بشكل لم يكن يسمح بتوجيه وقيادة الناحية العملية.

غالباً ما استمرّ الأمر على هذا النحو في القرن التاسع عشر: لم تلعب ميكانيكا الموائع أيّ دور، لا في اختراع المروحة الدافعة، ولا في تصميم شكل السفن. إلاّ أنّه منذ منتصف القرن الثامن عشر، كانت قد استخدمت في إنجاز العجلات الهيدرولية، خاصّة مع أولر سنة 1750؛ وفي القرن التاسع عشر كانت التطوّرات الملحوظة في مجال التربينات المائية والتي ساهم فيها بشكل خاص المهندس الفرنسي فورنيرون Fourneyron حوالي سنة 1830 تنبثق بمعظمها عن اعتبارات علمية.

وهناك مجال آخر وجد صعوبة أكبر في الظهور هو ميكانيكا الأوساط غير القابلة للضغط، أي الديناميكا الهوائية؛ إنّه مجال لم يصبح علماً بالفعل قبل القرن العشرين. والعلماء الذين عملوا عليه تأخّروا في إبداء اهتمامهم بتطبيقه على نتائج مفيدة. ابتكار الظاهرة عند نهاية القرن التاسع عشر وبداية العشرين لا يمت بصلة إلى العلم. لا بل أكثر من هذا، هناك قسم كبير من العالم اعتبر أولى محاولات طيران الأثقل من الهواء محكومة بالفشل.

الحرارة

إنّ ميدان سلوك الغازات الفيزيائي، امتدادها وضغطها، الفراغ والحرارة، يقدّم لنا مواقف تاريخية تمثّل فيها العلاقة بين العلم والتقنية جوانب متنوّعة لا تسمح لنا الرؤى البسيطة بإدراكها تماماً.

يمكننا أن نعتبر أنّه إلى برهنة وجود الضغط الجوّي والفراغ تعود بداية معرفة هذه الظواهر، كما عمليّة التمكّن الحقيقي منها. في هذه المرحلة المميّزة كان العلم مرتبطاً بالتقنية بشدّة. التقنية هي التي قادتنا إلى طرح مسألة الضغط الجوّي، وذلك سنة 1640 أمام عدم تمكّن عمّال مياه فلورنسا من رفع الماء أعلى من ثماني عشرة قدماً؛ بمعرض تأمّله بهذا العجز توصّل باسكال سنة 1647 إلى وضع اختبار بوي دو دوم Puy de Dôme الذي أثبت بصورة حاسمة وجود الفراغ. وقد فتح هذا الاختبار أفقاً جديداً يفسّر انطلاق المضخّات الهوائية المطّاطية التي صُنعت بغية تحقيق الفراغ داخل نطاق مغلق، مع تجارب أوتّو فون غيريكي Otto Von Guericke من سنة 1650 إلى سنة 1654، ثمّ بعده بسنوات تجارب بويل Boyle، هوك Hooke، هوغنز Huygens حيث تتّحد تقنيات صناعة الآلات مع التصوّر العلمي. لقد بقيت التجارب على الفراغ في طليعة الأحداث على مدى قرن من الزمن.

مع هذا بقي الحقل الجديد من المعارف وقتاً طويلاً دون نتائج تُذكر بالنسبة لتطوّر العلوم أو بالنسبة لتطوّر التقنية. في ما يتعلّق بهذه الأخيرة فإنّ مكنة البخار التي ولدت مع دنيس بابان Denis Papin، نيوكومن Newcomen وسايفري Savery والتي تمثّل الإنجاز التقني الأبرز في هذا المجال، انبثقت عن براعة وحذاقة أصحاب الخبرة العملية أكثر منه عن مسيرة عقلانية تكنولوجية وتطبيق علمي. إلاّ أنّه لم يُشر كما ينبغي إلى أنّه عن العلم نتجت فكرتا الضغط الجوّي والفراغ اللتان تكمنان خلف تصميم مكنة البخار.

التحسينات المهمّة التي طرأت على مكنة البخار في النصف الثاني من القرن الثامن عشر، بشكل خاص من قبل واط Watt، كانت ما تزال نوعاً ما تجريبية، خاصّة في ما يتعلّق بعمليات تكاثف بخار الماء. مع هذا كان العلم موجوداً، لأنّه آنذاك تطوّرت مشاهدات تتعلّق بالظواهر التي تدخل في مكنة البخار وتمثّل طابعاً علمياً معيّناً. هكذا لم يكن واط مجرّد خبير عملي؛ بل كان على اتّصال وثيق مع العلم حيث كان كما نعلم مصلّح أدوات الفيزياء في جامعة غلاسكو Glasgow، كما كان على اطّلاع دائم بشأن تجارب بلاك Black سنة 1765 حول الحرارة الكامنة. أكثر من هذا نرى في عمل واط التبلور التدريجي لمفهوم العمل الذي لم يتوضّح رغم هذا قبل سنة 1821 في عمل لكولون Coulomb نُشر بعد وفاته. من جهة أخرى كان لازار كارنو Lazare Carnot يطرح منذ سنة 1782 في محاولته حول «الآلات بشكل عام» الأسئلة بشأن مردود الآلات ذات الطابع العلمي الأكيد. لكن لم يكن بالإمكان إيضاح مسألة المردود كلّياً إلاّ مع الديناميكا الحرارية. لكن المعروف أنّ البحث الشهير الذي وضعه سادي كارنو Sadi Carnot حول هذا الموضوع، وكان بعنوان «قوّة النار المحرّكة» (1824)، بقي مجهولاً على مدى عشر سنين. كلابيرون Clapeyron، الذي فهم

كلّ محتواه، حاول نشر هذه الرؤى الجديدة، ولكن فقط عند نهاية القرن التاسع عشر وضعت كأساس لإنجاز أجهزة إنتاج طاقة ميكانيكية انطلاقاً من الحرارة. إنّ تزايد مردود مكنات البخار بواسطة صنع مكنات عالية الضغط في بداية القرن التاسع عشر، ثمّ ابتكار أولى المحرّكات ذات الاحتراق الداخلي ـ محرّك لونوار Lenoir على الغاز (1860)، محرّك أوتّو Otto ذو الإحتراق الداخلي (1876) ـ لا يدينان بشيء إلى الديناميكا الحرارية. فقط مع ديزل Diesel بدأت الديناميكا الحرارية تدخل بصورة علنية في تصميم المحرّكات ذات الاحتراق الداخلي.

الكهرباء والمغناطيس

إنّ ميدان الظواهر الكهربائية والمغناطيسية هو أحد الميادين التي ظهر فيها العلم والتقنية على قدر كبير من التداخل وحيث نجد إذن من غير المناسب الفصل بين تاريخيهما.

أولى آلات إنتاج الكهرباء الساكنة المتواصل، التي ابتكرها أو فون غيريكي Otto Von Guericke سنة 1672، لا تصدر عن معرفة بالظواهر الكهربائية مكن اعتبارها علمية. كذلك الأمر بالنسبة لفان ماشنبروك Van Musschenbroek سنة 745، عندما اخترع قارورة لايدن Leyde وهي مكثّف يسمح بإنتاج التفريغات الكهربائية. نعرف أنّ هذه «الاختراعات» أدهشت الملء يومئذٍ؛ إلاّ أنّها كانت موضع دهشة وإعجاب أكثر منه معرفة علمية وفائدة عملية. لكن خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر، خاصّة مع فرانكلين Franklin، بدأت هذه الإنجازات وهذه «الاختبارات» تأخذ طابعاً علمياً. ابتدأ نوع من التحكّم، من التمكّن من الظواهر الكهربائية، لا سيّما مع كولون Coulomb الذي قام بقياس القوّة الكهربائية. أمّا بالنسبة للبطارية الكهربائية التي يعود أوّل تحقيق لها إلى فولتا Volta (1799) فإنّنا ندين بشكل خاص إلى التجريبية، إلى التلمّس، تقودهما بعض الأفكار العلمية. وقد لعب هذا الاختراع دوراً أساسياً في تطوّر العلم الكهربائي خلال القرن التاسع عشر لأنّه سمح لأوّل مرّة بإنتاج التيّار. إنّ أعمال أورستد Oersted، أمبير Ampère، وفاراداي Faraday، بين العامين 1820 و 1835، التي تستند بمعظمها إلى هذه الابتكارات، إلى هذه الظواهر «الاصطناعية»، أوجدت مفاهيم وقوانين ساهمت بدرجات متفاوتة بالتطوّرات الكبيرة في التقنيات الكهربائية على مدى القرن التاسع عشر. منذ سنة 1828، وصف فاراداي مبدأ المحرّك الكهربائي الذي يؤمّن إنتاج تيّار متواصل عبر جهاز رحوي، ولكن وجب انتظار نصف قرن قبل تحقيق محرّك كهربائي قابل فعلاً للاستعمال (1871) وبه ندين إلى أحد أصحاب الخبرة العملية هو زينوب غرام Zenobe Gramme. لا شكّ في أنّ غرام اعتمد على

قوانين الكهرباء العامّة التي وضعت في بداية القرن، لكن الكيفيات التي جعلت من اختراعه «عملياتياً» هي كيفيات تجريبية. أمّا التفسير العلمي لآلة غرام فلم يوضع إلاّ بعد سنوات عديدة، ويُحكى أنّ غرام نام في المؤتمر الذي عُرِضت فيه آلته للمرّة الأولى.

أمّا بالنسبة لنقل الطاقة مسافياً، الذي حقّق سنة 1882، فيعود دون شك إلى المهندس دبريز Deprez الذي كان على مستوى عال من الثقافة العلمية. إلاّ أنّ هذا الإنجاز ينتج عن التجريبية أكثر منه عن تطبيق قوانين الكهرباء. بشكل خاص لم توضّح الإمكانية التي يقدّمها رفع التواتر من أجل خفض الخسارات إلاّ بعد هذا الاختراع. قبل ذاك الحين كانت هذه الخسارات تُعتبر حاجزاً لا يمكن اجتيازه أمام نقل الطاقة مسافياً.

اختراع التلغراف الكهربائي يظهر أكثر أنّه تطبيق علمي مباشر. منذ سنة 1833 قام علماء كبار، مثل غوس Gauss وفيبر Weber، بتحقيق أوّل نقل تلغرافي مسافي ـ كيلومتر واحد ـ وذلك باستنادهم إلى قوانين كهرباء كانت مكتشفة حديثاً. ولكن وجب انتظار سنوات عديدة قبل أن نرى التطبيق الصحيح لقوانين المغنطيسية والمغنطيسية الكهربائية على صناعة المغنطيسات الكهربائية التي لعبت دوراً مهمّاً في التحقيق العملي فعلاً للتلغراف الكهربائي. والفضل لا يعود إلى عالم بل إلى أستاذ في الرسم، صموئيل مورس Samuel Morse، في اختراع نظام الشيفرة بإشارات مستطيلة ومختصرة، سنة 1832، وقد عرف هذا الاختراع بسرعة في ما بعد انتشاراً كبيراً. وفكرة هذه الشيفرة نفسها، التي يمكن اعتبارها أحد أسس «اختراع» المعلوماتية، تنبثق عند مورس ليس من العلم بل من التجربة.

التجربة هي كذلك أساس اختراع الميكروفون سنة 1874، وهو عبارة عن منفذين كهربائيين (الكترود) وضع بينهما قضيب من الفحم. هكذا تحققت على ما يبدو وللمّرة الأولى عمليّة «تضخيم»، لأنّ تغيّر مقاومة الفحم «يعاير» التيّار. إلاّ أنّ مفهوم التضخيم لم يُوضَّح في كليته إلاّ في وقت لاحق.

ضمن اختراع الكهرباء اللاسلكية وتطوّراتها الأولى يبرز اختلاط العلم والتقنية، التجريبية والمسيرة العقلانية بصورة أكبر. لا شكّ في أنّنا نجد عند أساس الكهرباء اللاسلكية اختبارات هرتز Hertz العلمية، لكن ضمن هذه الاختبارات نرى الأفكار النظرية، لا سيّما نظرية ماكسويل Maxwell المغنطيسية الكهربائية، تتّحد مع «حرفية» معيّنة. لا شكّ أيضاً في أنّنا ندين إلى عالم آخر هو برانلي Branly، سنة 1898، باختراع أوّل مكشاف للموجات بواسطة البرادة، لكن هذا الاختراع، الذي يقوم على إبراز تماسك المسحوق المعدني تحت تأثير الشرارات ثمّ الموجات المغنطيسية الكهربائية، يتضمّن أيضاً قسماً كبيراً من التلمّسات، من المعالجات التجريبية. فقط بعد ذلك بكثير تمّ وضع تفسير علمي

لعمل المكشاف. كذلك كان اختراع الهوائي (الأنتين) العائد أيضاً إلى برانلي Branly تجريبياً أكثر؛ إلاّ أنّ المعلومات العلمية التي كانت معروفة آنذاك حول بثّ الموجات المغنطيسية الكهربائية وامتدادها كانت تكفي من أجل تصميمه. أمّا اختراع جون فليمنغJohn Fleming سنة 1902 للصمام الثنائي الكاشف فينبثق مباشرة عن العلم، ومن جهة أخرى كان فليمنغ عالماً كما كان مهندساً، لكن اختراعه يأتي بمعظمه من ابتكارات تجريبية، تماماً كاختراع المصباح الكهربائي والتحسينات التي أضافها إليه إديسون Edison، الذي كان صاحب خبرة عملية أكثر مّما كان عالماً.

الكيمياء

قد يبدو لنا مجال الكيمياء لأوّل وهلة واحداً من الميادين التي بقي فيها العلم والتقنية طويلاً دون روابط. عادة نعتبر أنّ تاريخ الكيمياء كعلم يعود إلى عهد لافوازييه Lavoisier، أي منذ نهاية القرن الثامن عشر، وأنّه حتّى في القرن التاسع عشر كانت الكيمياء التقنية ما تزال مستقلّة نوعاً ما عن الكيمياء العلمية.

ولكن إذا أخذنا العلم بمعنى أقلّ انحصاراً من المعنى الذي نعتمده اليوم، عندئذٍ نلتقي، قبل لافوازييه بكثير، بخطوات علمية في مجال الكيمياء، وعلى نطاق أوسع في كنف الكيمياء التقنية. لا شك في أنّه حتّى نهاية القرن الثامن عشر، افتقرت الكيمياء إلى المبادىء والمفاهيم الأكيدة والعامّة التي يتّسم بها العلم. لقد كان بإمكان العنصر الخامس لدى الكيميائيين، وبعده مصدر اللهب أن يبدوَا كرؤى موحّدة، ولكن لكونهما خياليين بشكل خاص، لم يكونا ليسمحا بتفسير الأمور بشكل مرض. من جهة أخرى يبدو لنا عدد كبير من الممارسات الكيميائية كمجرّد وصفات لا توضّح أيّ فكرة موجّهة. مع هذا نلتقي على مدى تاريخ الكيمياء، ولكن خاصّة انطلاقاً من عصر النهضة، بمجهود لتحديد الهويّة، وتصنيف للظواهر والمنتجات الطبيعية أو الاصطناعية، مجهود يتّسم، رغم كونه غالباً تقريبياً وبعيداً عن المهارة، بطابع المسيرة العلمية.

ولكن بالإمكان اكتشاف روابط أعمق بين العلم والتقنية في ماضي الكيمياء إذا ركّزنا انتباهنا في هذا المجال، ضمن إطار العمل والابتكار الذي أشرنا إليه في فقرة الملاحظات العامّة الواردة أعلاه، ليس على مقصد المعلومات والبحث عن فائدة معيّنة وحسب، بل أيضاً على التكوّن التدريجي «للقوى» والكيانات الجديدة التي أدّت إليها متابعة هذه الأهداف. وفي هذا تكمن وجهة نظر يمكن تبريرها بشكل خاص من حيث إنّ مجال الكيمياء، أكثر من أيّ مجال آخر، يتضمّن من «الفنّ» أكثر مّما يتضمّن من العلم. لقد كرّس الكيميائيون ـ وليس فقط الخيميائيون والتقنيون، ولكن أيضاً العلماء ـ القسم الأكبر من جهودهم

لتحضيرات وتحليلات تشكّل خطوات أكثر عملاً وابتكاراً من ملاحظة قوانين الطبيعة وتوضيحها. بهذا الصدد لم تكن الكيمياء أبداً عبارة عن حالة ركود، بعكس فكرة خاطئة ما تزال منتشرة حتّى اليوم. إلى جانب تاريخ الأفكار الكيميائية، التي لم يكن لها كما قلنا تأثير كبير على الكيمياء التقنية قبل القرن الثامن عشر، يستحقّ تاريخ هذه الكيمياء الخلاّقة أن نخصّص له مكاناً مهمّاً. من ضمن هذه «الاختراعات» نذكر المعادن، التي عرفت بحالتها الطبيعية أو المحضّرة: منذ العصر القديم الفضّة، الذهب، الحديد، البرونز، النحاس، وخلال القرن الثامن عشر الكوبلت، النيكل، البلاتين؛ وحوامض لعبت دوراً أساسياً في العديد من التحضيرات: حامض النتريك أو ماء الفضّة وحامض الكبريتيك أو الزاجّ في القرون الوسطى؛ الكحول الأتيلي أو إكسير الحياة في القرون الوسطى كذلك؛ الفوسفور في النصف الثاني من القرن السابع عشر، الكلور مع شيل Scheele سنة 1774. كما تجدر الإشارة إلى أنّه منذ العصر القديم عرفت واستخدمت طرق التخمير والانحلال التي لم تُفسّر دون شك قبل القرن التاسع عشر، ولكن التي كان الإنسان متمكّناً منها بشكل جيّد.

انطلاقاً من فجر القرن التاسع عشر عرفت الابتكارات الكيميائية التكاثر الذي نعرفه، وهي كانت تعود إلى العلم كما إلى الصناعة، وصولاً إلى تركيب الأجسام الكيميائية انطلاقاً من العناصر خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. نشير إلى أنّه مهما كانت انطلاقة العلم الكيميائي تبدو جديدة فهي تستند بمعظمها على مجموع التجارب والابتكارات المتراكم خلال القرون السابقة.

لم توظف الصناعة الكيميائية العلم الكيميائي الجديد إلاّ مع فارق زمني ملحوظ، وهي لم تخضع لتأثير لافوازييه Lavoisier إلاّ بعد نصف قرن من الزمن؛ وأكثر ما أصبحت علمية كان في مجال الكيمياء العضوية. أمّا الصناعة المعدنية فقد بقيت بمعظمها تجريبية على مدى القرن التاسع عشر ليس فقط لأنّها لم تكن منفتحة كما ينبغي على العلم، بل أيضاً لأنّ العلماء لم يكونوا يعيرونها الاهتمام الكافي. سنة 1848، كتب مهندس المناجم والمصلح الاجتماعي لو بلاي Le Play: «لا يمكن أن ننكر أنّ العلماء حتّى اليوم بالكاد يلقون نظرة واحدة على الظواهر المعدنية». لا شكّ في أنّه منذ القرن الثامن عشر كانت الصناعة المعدنية موضع مشاهدات علمية الطابع مع دراسات ريومور Réaumuer حول الفولاذ (1712)، ثمّ مع برتوليه Berthollet، مونج Monge وفاندرموند Vandermonde. لكن التجريبية كانت خلف طريقة إنتاج الحديد الصبّ بالكوك سنة 1735، وبعد ذلك بكثير سنة 1855 خلف طريقة بسمر Bessemer. اليوم أيضاً ما تزال الكيمياء تتضمّن عدداً من الجوانب الحرفية لا سيّما في ما يتعلّق بالحفز الكيميائي. من جهة أخرى فإنّ عدم إمكانية

استنتاج الكيمياء العلمية اليوم كلّياً من القوانين الفيزيائية الأساسية التي تقدّمها لنا الفيزياء الكمّية، يدلّ على أنّها لم تصبح بعد علماً كاملاً بكلّ معنى الكلمة.

كذلك من المهمّ أن نشير إلى تأخّر العلم بالنسبة للابتكار التقني في ما يتعلّق باختراع التصوير الفوتوغرافي. لا شكّ في أنّ أولى محاولات نيسيفور نييبس Niepce سنة 1816 التي كانت تهدف إلى تثبيت الصورة على الصفيحة كانت تقوم على أساس استعمال كلورور الفضّة، الذي كانت خصائصه قد وضعت خلال القرن الثامن عشر عبر طريقة علمية؛ لكن نييبس كان يعمل بصورة تجريبية نوعاً ما. من جهة أخرى لم يكن العلماء يهتمّون آنذاك كما يجب بهذه المشكلة فعندما أراد نييبس استشارة الكيميائي الكبير هامفري دايفي Humphry Davy حول الموضوع، أجابه هذا الأخير بأنّ فرص تثبيت الصورة عبر طريقة كيميائية هي قليلة في النجاح. والمعروف أنّ حماس نييبس لم يخفّ، لا بل اعتمد مسيرة تجريبية أيضاً واستخدم القار سنة 1826 وبعد ذلك اتّحد مع لوي داغير Louis Daguerre سنة 1829 وتوصّل سنة 1833، باستعمال إيودور الفضّة، إلى تثبيت الصورة بواسطة بخار الزئبق وإلى التخلص من باقي الإيودور مع ملح الهيبوسلفيت، فحقّق بذلك أوّل تصوير فوتوغرافي حقيقي.

هذه القائمة التي أوردناها للعلاقات بين العلم والتقنية عبر مختلف الميادين هي أبعد من أن تعبّر عن مدى تعقيد وتنوّع جوانب هذه العلاقات. في الواقع اضطررنا للاقتصار في هذه الرؤية العامّة المختصرة على الأحداث التي بدت لنا الأهمّ والأكثر تعبيراً. ولذا نرى في هذه القائمة عبارة عن تصوير للنواحي العامّة التي قدّمناها في القسم الأوّل من هذا الفصل أكثر منها وصفاً شاملاً ومتوازناً فعلاً لهذه العلاقات. مع هذا نأمل منها، بما هي عليه، أن تكون قد سمحت بإدراك أنّ العلاقات بين العلم والتقنية على مدى التاريخ لا يمكن حدّها بالصورة البسيطة جدّاً التي ما زالت تُقدّم ضمنها بشكل عام.

فرانسوا روسّو
François Russo

بيبليوغرافيا

لقد فكّرنا بأنّه من غير المجدي هنا أن نورد كلّ التواريخ العامّة للعلوم، المعروفة أصلاً من قبل الجمهور العريض.

انطلاقاً من القرن السادس عشر، تسمح وفرة الأبحاث التقنية بأن ندرس بشكل أفضل العلاقات القائمة بين العلوم والتقنيات. ولقد استعنّا ببعض هذه الأبحاث:

أ .أغريكولا A. Agricola «De re metallica»، Bâle 1556.

ب .بيليدور B. Belidor ,«Architecture hydraulique»، جزآن، باريس، 1737-1739.

ف. برتوه Berthoud ,«Traité des horloges marines»، باريس، 1771.

ج .بيسّون J. Besson ,«Théâtre des instruments mathématiques et techniques»، ليون، 1578.

ب .بوغيه P. Bouguet ,«De la manœuvre des navires ou traité de mécanique et de dynamique»، باريس، 1757.

ب .بوغيه، «Traité du navire, de sa construction et de son mouvement»، باريس، 1746.

هـ .دوهاميل دو مونسو, «Eléments d'architecture navale»، باريس، 1752.

م .جوس M. Jousse ,«Le Théâtre de l'art du charpentier»، لا فليش La Fléche، 1627.

ج .كنكل فون لوفنشتاين

J. Kunckel von Lœwenstein ,«Ars vitraria experimentalis»، فرنكفورت، 1679.

بالنسبة للعصر القديم

ب .جيل B. Gille ،«Les Mécaniciens grecs »، باريس، 1978.

ج .ب. فيرنان، «Remarques sur les formes et les limites de la pensée technique chez les Grecs»، في «مجلّة تاريخ العلوم»، 1957، ص 205-225.

بالنسبة للقرون الوسطى

ج .بوجوان «L'interdépendance entre la sceience scolastique et les techniques utilitaires»، باريس، 1957.

ج .بوجوان، «Réflexions sur les rapports entre théorie et pratique au Moyen Age» في كتاب ج .إ. مردوك J. E. Murdoch وإ. د. سيلاّ «The Cultural Context of Medieval Learning»، دوردرخت Dordrecht، 1975، ص 437-484.

بالنسبة لعصر النهضة

ب .جيل، «Les Ingépnieurs de la Renaissance»، باريس 1964.

ر .ك. مرتون «Science, Technology and Society in Seventeenth Century England»، لندن، 1970.

بالنسبة للقرنين السابع عشر والثامن عشر

دالامبير «Discours préliminaire de l'Encyclopédie» طبعة جديدة ، باريس، 1965.

م .دوما «Les Instruments Scientifiques au XVII^e et XVIIIe Siècles»، باريس، 1953.

أ . ماسون A. E. Musson ور. روبنسون «Sceince and Technology in the Industrial Revolution»، مانشستر، 1969.

أ .ماسون، «Science, Technology and Economic Growth in the Eighteenth Century»، لندن، 1972.

ر .تاتون R. Taton، «L'œuvre Scientifique de Monge»، باريس، 1951.

ر .تاتون (بإشرافه)، «L'Eseignement et la diffusion des sciences au XVIII^e siècle»، باريس، 1964.

بالنسبة للقرن التاسع عشر

هـ .ج. هاباكوك، «American and British Technology in the Nineteenth Century»، كامبردج، 1962.

بالنسبة للقرن العشرين

ج .جونس «The Role of Science and Technology in developing Countries»، أكسفورد، 1971.

ب. كورياه B. Coriat، «Science, technique et capital»، باريس، 1976.

الفصل الرابع

التطوّر التقني والمجتمع

إنّ موضوعاً كهذا يستحقّ أن نكرّس له كتاباً بأكمله. الأدب الاجتماعي وفير إلاّ أنّه لا يخلو من الثغرات؛ كذلك ليس بالإمكان أن نقوم على بضع صفحات بمعالجة كلّ المسألة، أو كلّ المسائل بالدقّة والتفصيل اللازمين. سنعمد إذن إلى الموضوع بلمسات خفيفة، أحياناً بالتلميح، وأحياناً بالحذف المقصود.

وقبل كلّ شيء ماذا نقصد بهذا العنوان، التطوّر التقني والمجتمع؟ إنّه في الواقع عبارة عن مجموعة كاملة من المسائل، ترتبط إحداها بالأخرى، ولكن حيث الإجابة عن أيّ منها ليست حاسمة بحدّ ذاتها. نشعر جيّداً، ولكن غالباً بصورة ملتبسة ومبهمة، أنّ النظام التقني والنظام الاجتماعي يقيمان حتماً علاقات متبادلة وثيقة. إلاّ أنّه يوجد نوع من عدم التوافقات المقيّدة أحياناً بشكل أو بآخر. يبدو لنا تأثير التحوّلات التقنية على المجتمعات واضحاً، تماماً كتأثير صلابة مجتمع معيّن على التطوّر التقني.

ماركس Marx هو حتماً أوّل من أبرز العلاقة بين التقنية والتنظيم الاجتماعي. وقد جرت في هذا المجال أبحاث متنوّعة خلال العقود الأخيرة، دون استنفاد موضوع يستحقّ توسيعات أخرى. ونجد جوهر تفكير ماركس حول التقنية في الفصل الخامس عشر من الكتاب الأوّل عن «رأس المال».

في الواقع يأخذ المفكّر الألماني الموضوع كمؤرّخ. إنّ تطوّر التاريخ، الذي يتضمّن تطوّر المجتمع، يرتبط بشكل أساسي بتطوّر وسائل الإنتاج، بالتقنية. يتمسّك ماركس، بمعرض شروحاته، بفكرتين قويّتين من المجتمع التقني في عصره: تقسيم العمل، الذي أوضحه آدم سميث Adam Smith، والآلة، التي انبثقت عن الثورة الصناعية الإنكليزية. «الآلة - الأداة (ولا نأخذ العبارة بمعناها المحصور) هي التي افتتحت الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر». لنذكر تفسير كوستاس أكزيلوس Costas Axelos:

إنّ استعمال وصناعة الأداة والتطوّر المترابط للقوى الإنتاجية وأدوات الإنتاج هي عبارة عن الخيط الحقيقي الرابط للصيرورة التاريخية البشرية وهي تُنتج - كما تنتج عن - جدلية غير متناهية.

لأنّ الشرط التاريخي الثاني هو التالي: «بالدرجة الثانية، ما أن تتمّ تلبية الحاجة الأولى حتّى تقود بنفسها عملية التلبية وأداة التلبية المكتسبة إلى حاجات جديدة». حاجات طبيعية وأدوات تلبية، حاجات جديدة وأدوات جديدة تؤثّر كلّ منها على الأخرى فعلاً متبادلاً دون أن يكون بالإمكان إرجاع كلّ شيء إمّا إلى جدلية أوليّة متقدّمة في الحاجات، وإمّا إلى جدلية أساسية في تطوّر التقنيات الإنتاجية. الحاجة تحدّد الأداة التي تؤدّي إلى تلبيتها ووسائل الإنتاج المتوفّرة تضع (تنتج) حاجات جديدة. لا شكّ في أنّ مفعول هاتين الحقيقتين هو متبادل، ولكنهُ أليس يقوم على أساس الازدواجية: من جهة حاجة طبيعية، وتقنية من جهة أخرى؟ كما أنّه لا يمكن الإمساك بالأساس الموحّد لأنّ ماركس لا يهتمّ بالبحث عن آخر أساس تاريخي - إناسي بقدر ما يهتمّ بعملية تطوّر التقنية؛ إنّه يعتمد كنقطة انطلاق العلاقة الأساسية التي يقيمها الناس مع الطبيعة. إنّ العلاقة الطبيعية والاجتماعية للإنسان مع الطبيعة (المتأرّخة) هي علاقة صراع، والتاريخ الطبيعي للإنسان هو من إنتاج هذا الصراع. فالإنسان يصنع أدواته، وتاريخه يصنع نفسه عبر تطوّر أسلحة الصراع، صانعاً بدوره أيضاً خلال صيرورته هذه الأسلحة التي تحدّد صيرورته (...) طالما يستعمل الإنسان أدوات إنتاج طبيعية بشكل خاص، مثلاً الماء، فإنّه كان يبقى ملتصقاً بالطبيعة، بينما وسائل الإنتاج التي تبتكرها الحضارة، وتبتكر هي الحضارة التقنية، فتساعده على معالجة الطبيعة بشكل أفضل؛ ولكن أثناء استغلاله للطبيعة، نرى الإنسان اليوم يُستغلّ من قبل آخرين ويبقى ملتصقاً بما أنتجه بنفسه. لقد أدّى تطوّر أدوات الإنتاج حتماً إلى ابتكار وتقدّم الآلة، لأنّ العمل الذي كان يفترض مسبقاً استعمال الآلة ظهر الأكثر قابلية للتطوّر. حتّى اليوم، الآلة هي الحدّ الأخير للتطوّر والإتقان الثابت والمتدرّج لأدوات الإنتاج. والدرب الطويل بصيرورة البشر التاريخية هو نوعاً ما عبارة عن التأليف بين كلّ الأدوات: فهو يحتويها ويقوم تركيبياً بما كانت تقوم به تحليلياً. مع هذا لم يتوقّف الإنسان عن الانسلاب تدريجياً أثناء وبسبب عمله؛ ثمّ جاء عصر الآلة وأتمّ هذا الانسلاب والإنسان الذي أنتج الآلة بنفسه يجد نفسه اليوم عبارة عن مجرد دولاب في الآلة الكبيرة والآلية الرأسماليتين. والوضعية الماركسية، المعجبة بتطوّر القوى الإنتاجية، تحولت إلى رومانسية مشحونة إزاء الآلة المستلبة وغير الإنسانية. إذ بالرغم من ضرورة الآلة لتقدّم المجتمعات البشرية، فالآلة تسحق البشر؛ وهي لا تسحقهم بما هي عليه، بل عبر العلاقات التي يقيمها العمّال معها.

يبدو أنّ ذهنٍ ماركس كان ملبّداً كلّياً بالآلة، فهو يرى أنّ العمل المجزّأ هو الذي أدّى إلى انتشارها: لقد أُدخلت الآلة في مجال الصناعة النسيجية وليس صناعة القباقيب. لكنّنا نشعر بنتائج الآلة ثقيلة على المجتمع، فهي تغيّر طريقة العمل والصفة الاجتماعية للعامل لدرجة أنّها تحطّم كلّ حاجز يقف أمامَ نموّها. لقد أدرك العمّال من جهة أخرى هذا الأمر وصارعوا ضدّها، أحياناً بشكل عنيف. هذه الآلة الجديدة تلغي ميزة العمّال، وبإدخالها في عملية الإنتاج النساء والأولاد تحوّل أرباب العمل إلى بائعي رقيق. كما أنّها تلغي بعض المهن: يقول ماركس إنّ «النول البخاري» أزال 800000 نسّاج. وكلّ هذا دون نقل إلى

صناعات جديدة، لا سيّما صناعة الآلات نفسها. «إنّ صناعتها تقدّم فرص عمل أقلّ عدداً ممّا ينقله استعمالها». هذا دون أن نذكر العمل في المنزل الذي قضى عليه ظهور المعمل.

إنّ فكرة ماركس هي مبهمة بعض الشيء؛ هو من جهة يسلّم رسمياً بفائدة الآلة، ولكن ما ينكره هو «طريقة استغلالها الاجتماعية». وقد كتب أنّه يجب أن «نتعلّم التمييز بين الآلة واستعمالها الرأسمالي». هذا يعني نوعاً ما التأكيد على الاستقلالية بين التطوّر التقني والبنية الاجتماعية أو على الأقلّ الافتراض أنّه بالنسبة لنظام تقني قد يوجد أشكال عديدة من التنظيم الاجتماعي.

إذا انتقلنا من ماركس إلى عصرنا هذا الذي يختلف تقنياً واجتماعياً كثيراً عن عصر هذا المفكّر، ندرك التنوّع الكبير في المواقف، تبعاً للمؤلفين واهتماماتهم. إنّ الدراسة العامّة للمجتمعات قلّما تكرّس مكاناً كبيراً للتقنيات؛ في «دروسه حول المجتمع الصناعي» يبدي ر. آرون R. Aron رأيه بوضوح بالنسبة لتفوّق الإيديولوجيات على التقنيات في تكوين البنيات والمفارقات الاجتماعية. وقد أعاد اعتماد فكرة لطالما احتدم حولها النقاش هي فكرة تقسيم التاريخ إلى ثلاث ثورات تقنية كبيرة.

يقترح علماء الانسان فكرة وجود ثلاث ثورات تكنولوجية كبيرة: الأولى تقع فجر البشرية، عندما تعلمت هذه الأخيرة كيفية استعمال النار والأدوات الأبسط؛ إذن هي تعود إلى بضع مئات من آلاف السنين. الفترة الثانية بدأت منذ حوالي عشرة آلاف سنة عندما تعلّم الإنسان كيف يزرع النبات ويدجّن الحيوانات. هنا كان أصل المجتمعات النيوليتية، ثمّ الحضارات. الثورة التكنولوجية الثالثة هي التي نعيش في منتصفها اليوم؛ إنّ عدم انتظام التطوّر التقني هو أحد الملامح المهمّة في التاريخ. بين العالم القديم وعالم الأمس كانت فوارق الإمكانيات التقنية عادية. هكذا مثلاً كي يذهب قيصر من روما إلى باريس كان يضع نفس الوقت كنابليون. بالطبع حصل عدد كبير من الإختراعات التقنية، لكنّها لم تكن تغيرّ كثيراً في الميزات الأساسية للمجتمعات البشرية. إنّ نسبة الناس الذين كانوا يعملون في الأرض والناس الذين كانوا يعيشون في المدينة لم تتغيّر بشكل قطعي بين العصر القديم والقرن السابع عشر أو الثامن عشر. لم يكن البورجوازي الروماني يملك موارد أقلّ من موارد بورجوازي عصر لويس الرابع عشر. بالمقابل بين طريقة حياة هذا الأخير وحياة البورجوازي الحالي نجد المسافة شاسعة.

أمّا رأينا فيقول إنّ في هذا بعض الاختزالات التعسفية، وتقودنا هذه الاختزالات إلى الاستنتاج أنّ التنظيمات الاجتماعية هي مستقلّة تماماً. إذا اعتبرنا أنّ النظام التقني في العصر النيوليتي بقي مستقرّاً حتّى الأنظمة التقنية الحالية، علينا أن نلاحظ من جهة أخرى أنّ

الأنظمة الاجتماعية قد تطوّرت بصورة ملحوظة. ضمن نفس الإطار نجد تحديد التطوّر التقني على نفس الدرجة من الإبهام.

يمكننا أن نتكلّم عن التطورّ التقني، بالمعنى الإيجابي للكلمة، عندما يكون بحوزتنا قياس كمّي أو أيضاً عندما يكون بالإمكان تحديد غاية النشاط التقني بصورة تحمل أكثر من معنى. إذا قلنا إنّ هدف النشاط التقني هو الحصول على طاقة قصوى أو معالجة القوى الطبيعية بالصورة الأكثر فعالية، نكون قد حدّدنا الغاية الوحيدة من وراء هذا النشاط. بالمقابل، وهنا تكمن نقطة الفرق الأساسية بين الاقتصاد والتقنية، لا يمكن تحديد هدف وحيد المعنى للنشاط الاقتصادي.

بالطبع لا ينكر ر. آرون أهمّية التقنية، لكن «وجهة النظر التكنولوجية المحضة لا تكفي، لأنّه انطلاقاً من التكنولوجيا ذاتها، تُشتقّ كيفيات مختلفة لملكية أدوات الإنتاج والعلاقات بين الطبقات». ويذكر في مكان آخر: «بالمقابل ما يتعلّق بالبحث الإيجابي، ما ينبثق عن التحليل الاجتماعي، هو درجة تنوّع المجتمعات التي تملك نفس التجهّز التقني».

لا يمكننا، على مدى تطورّ المجتمعات التاريخية، أن نربط كلاً من التحولات مع تغيّر تكنولوجي معينّ. إنّ ما تسمح به التكنولوجيا هو عبارة عن تقديرات واسعة ومبهمة. لنفترض مثلاً أنّه في الولايات المتّحدة 7% من الشعب العامل يُستخدم في الزراعة و 45% في الصناعة، والباقي في القطاع الثالث. هذا التوزيع يتطلّب قوة إنتاجية، إذا أردنا استعمال عبارة ماركسية، لم تكن توجد قبل العصر الحديث. إنّ كميّة من الطاقة المتوفّرة تحدّد هامشاً معيّناً للتغيّر بالنسبة للمجتمعات، لكنّها لا تحدّد عملية التنظيم بتفاصيلها. المجتمعات الحديثة يبدو أنّها تنتمي إلى نوع جديد، مميّز، بالتحديد بحكم طاقتها الكامنة.

يبدو لنا بعض التناقض بين الجملتين الأخيرتين، ومن جهة أخرى يتعيّن حتماً تمييز الاقتصادي، التقني والاجتماعي: تتحدّد العلاقات بين هذه الأمور الثلاثة تبعاً لطرق متنوّعة، لكنّ أيّاً منها لا تختلف كلّياً عن الأخرى.

أمّا ج. فريدمان J. Friedmann، لأنّه كان يدرس علم اجتماع العمل، فقد أبدى دوماً اهتماماً ثابتاً بالأمور التقنية، منذ أولى أبحاثه وعلى مدى إنتاجه ككلّ. «التقنية ليست محايدة. إنّها لا تعدّل الوسط الطبيعي وحسب، بل أيضاً تؤثّر على الإنسان وتحوّل في عمق المجتمع». ونذكر كأمثلة على هذا الفعل: الآلية الزراعية والمجتمع الزراعي، وسائل النقل والحياة الريفية، تطوّر التقنيات الصناعية وتجمّع السكّان. من سلسلة «الآلية الإنسانية» إلى «العمل المتجزّىء» كان عالم الاجتماع الفرنسي قد كوّن فكرة عن تطوّر العمل الصناعي وعن نتائجه الاجتماعية، والنفسية، وهي فكرة عاد إليها مراراً في العديد من مقالات جريدة «الموند Le Monde»، مع نزاهة فكرية رائعة.

أ. توران A. Touraine من جهته تأهّل في مدرسة فريدمان. في الواقع تتناول أعماله الأولى تغيّرات المجتمع، وخاصّة المجتمع العامل، التي تلي التحوّلات التقنية. ولم يكن بهذا الصدد من ميدان أكثر تعبيراً من ميدان السيارات، ويُظهر لنا هذا الأمر دراسة تطوّر المجموعة العاملة في مصانع رينو Renault. لقد تغيّر كلّ شيء تماماً من توزيع المهن إلى نوعية المعلومات التقنية وذلك على مدى جيلين. كذلك يركّز البحث الجماعي حول إقامة مصفّحة جديدة في مصنع معدني على تغيّر فوري. ولكن يبدو أنّ الرابط بين التطوّر الاجتماعي والتقنية يبقى هزيلاً نسبياً. في كتابه حول «المجتمع ما بعد الصناعي» لا يذكر ولو كلمة عن التطوّر التقني.

منذ سنة 1950 كثرت الدراسات التي تجريها بشكل عام أجهزة محلّية أو دولية والتي تحاول أن تقرّب ما بين النظام التقني والنظام الاجتماعي. بين الموقفين الأقصيين يرتسم اليوم سلّم كامل من التقديرات الوسيطة. ف. هتمان F. Hetman يطرح المسألة بعبارات مباشرة، أكثر مباشرة؛ في الواقع هو لا يرى في الأمر فقط عبارة عن معرفة ما إذا يوجد أو لا يوجد علاقة بين النظام التقني والنظام الاجتماعي، بل أيضاً «بين الجبرية التكنولوجية والتطوّر الاجتماعي». كما يذكر أنّه بالنسبة لمعظم الإيديولوجيات السائدة «التكنولوجيا هي العامل الأساسي في التغيّر الإجتماعي». وتقوم هذه الفكرة على العديد من الطروحات المتقاربة.

يعتبر الطرح الأوّل «التطوّر التقني عمليّة مستقلّة، وتسلسل الاكتشافات العلمية والاختراعات التقنية عملية متواصلة لا بدّ منها».

وهناك طرح آخر «يعتمد كنقطة انطلاق له مبدأ الوصول إلى أفضل وضع للتكاليف والأرباح. إنّه يعتبر أنّ ما يربحه المجتمع من تقنية جديدة معيّنة يتخطّى بكثير التكاليف المطابقة. أمّا المقاييس التي يأخذها بعين الاعتبار فهي مقارنة إجماليات الناتج الوطني على مرّ الوقت، الإنتاجية، مدّة العمل، التمدين، قيمة رأس المال، الخ».

تبعاً لنمط تفكير آخر تنتج الصفة الملحة للتطوّر التقني من «التكهّن المنظّم» للظواهر التقنية.

«إنّ كلّ وجهات النظر هذه تلتقي على اعتبار التكنولوجيا القوّة الغالبة في الصيرورة الاجتماعية». وكلّ شيء ممكن في مجال التقنية «على شرط تحريك وتنظيم الموارد البشرية والمادية بكمّية كافية. من جهة أخرى، الجبرية التكنولوجية هي مناقضة جدلياً لعدم الاستقرار والتردّد اللذين يظهران في الظواهر الاجتماعية». من هنا الفارق الذي يأخذ بالتزايد مع الوقت بين النظامين.

هناك في الواقع مسائل لم تُطرح بالشكل المناسب. إنّ كلّ «تغيّر تكنولوجي» ليس

بالضرورة عبارة عن «تطوّر تقني» (الدمار النووي، الكارثة البيئوية، نفاد المواد الأوّلية، الخ). هناك أحياناً ربح ولكن في ميادين وظيفية ضيّقة. كذلك ينبغي تكوين فكرة عن التقييم الاجتماعي للتكنولوجيا، فالتسليم بتعلق التكنولوجيا كمبدأ عمل سياسي واجتماعي يظهر كم أنّ الدور الاجتماعي للتكنولوجيا يبقى ملتبساً أو محرّفاً. من هنا هذا الرفض للجبرية التكنولوجية المطلقة: على التقنية أن تبقى أداة في خدمة المجتمع وأهدافه. ومن الواضح أنّ التكنولوجيا ليست هي ما يخلق المجتمع، بل الناس: ولكن تبعاً لماذا؟

يتعلّق الأمر هنا بكلّ الميتودولوجيا، فقد كان في الواقع من المهمّ، وهنا أصبح إدراك هذه الأهمّية عامّاً أكثر فأكثر، إخضاع قرار على المستوى التقني إلى فحص يتعلّق بانعكاساته على المجتمع. ولدى قراءتنا للتقارير والكتب التي نشرتها الأجهزة الدولية بهذا الصدد، ندرك أنّ البحث يجب أن يطال مجموعة كاملة من نتائج تقنية جديدة، أو حتّى تطبيق تقنية قائمة في مجال معيّن: يجب بالطبع أن ندخل المجال الاجتماعي في الحساب، ولكن أيضاً الإقتصادي، المالي، البيئة. وضمن هذه المجموعة يبقى التقييم الاجتماعي للتقنية مبهماً جدّاً. «يمكننا تحديد التقييم الاجتماعي للتكنولوجيا كعملية تحليل، تكهن وتقييم للعوامل التكنولوجية وانعكاساتها على المجتمع، وصولاً إلى صياغة الاتجاهات التي قد يعتمدها أصحاب القرار» (بالطبع نترك على المؤلف مسؤولية عباراته). هنا تبدو كلمة مجتمع على درجة كبيرة من الغموض، ولكن يظهر أنّ هذه الأبحاث تتناول شروط العمل، مستوى الوظيفة، التأثيرات على الشعوب المجاورة (وبشكل أوسع على البيئة المحيطة)، والتوزيع الجغرافي للسكّان (مشكلة المدن). عند قراءة هذه الوثائق نشعر بوجود الروابط العديدة بين النظام التقني والنظام الاجتماعي، ولكن روابط يصعب كشفها بصورة دقيقة. لا شكّ في أنّ البحث في هذا المجال ما يزال غير كاف نسبياً.

من المستحسن ومن المفيد، عند ظهور مشكلة معيّنة، أن نضعها في نوع من العمق التاريخي؛ فالتاريخ يتميّز بالخبرة في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانية. يتعيّن إذن أن نعي لهذا الرجوع التاريخي، المثمر جدّاً بالنسبة للتحليلات في العمق. بالتالي بمكننا النظر في بعض المواضيع التي يمكن لكلّ منّا أن يتعرّف إليها عبر حياته اليومية، وقد اعتمدنا أن نقتصر على البعض منها فقط: هناك بالطبع غيرها ولكن لا يبدو أنّها تهتمّ بشكل خاص بالعلاقات بين التقنية والمجتمع. سنحاول إذن، بعد هذه المقدّمة التاريخية أن نتناول القطاعات التالية:

أ . التوزيع الاجتماعي ـ المهني؛

ب . تنظيم العمل؛

ج . انتقال التقنيات والمجتمعات التقليدية؛

د. آمال الذين يقع على عاتقهم عبء إدارة المجتمع إزاء تقنية تفيض حيوية وتغيّراً، وطبيعة السلطات الجديدة.

تجدر الإشارة إلى أنّنا لسنا هنا بصدد حديث عادي في علم الاجتماع، فهذا لا ينتمي بأيّ حال إلى مجالنا. ما يتعيّن القيام به أساساً هو تحديد موقع المسائل، من المسألة الأكثر كلّية إلى الأكثر فردية، مع تقديمنا الحلول التي اقترحت بشأنها، مؤقّتاً على الأقلّ، ومحاولة تحديد القيود المتبادلة الموجودة بين الفعل التقني والفعل الاجتماعي.

الرجوع التاريخي

كان التاريخ الاجتماعي والتاريخ الاقتصادي مرتبطين بشدّة منذ البدء، أمّا تاريخ التقنيات فقد انضمّ متأخّراً إلى ميدان سائر التواريخ، واليوم أيضاً ما تزال الشقوق واضحة. من جهة نقوم بوضع تاريخ تقني للتقنيات، ومن جهة أخرى لا نأخذ بعين الاعتبار سوى الإيديولوجيات الاجتماعية، السياسية أو الاقتصادية. إذن وإن كانت الكتب التاريخية الاجتماعية وفيرة فإنّنا نفتقر بشكل خاص إلى الدراسات الدقيقة التي تلتقي مع إطار بحثنا. بالمقابل لا تنقصنا التأكيدات الحاسمة ولكن يتعيّن أن لا نضيع بينها.

لقد بقي علماء ما قبل التاريخ الوحيدين لفترة طويلة الذين يتقدّمون على هذا الطريق. وذلك لأنّ البقايا المادية، وخاصّة الأدوات، كانت عبارة عن مصدر معلوماتهم الوحيد لإعادة تشكيل المجتمعات. لنستمع إليهم: يقول مثلاً أ. لوروا ـ غوران A. Leroi - Gourhan: «القول إنّ المؤسّسات الاجتماعية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالجهاز التقني ـ الاقتصادي هو تأكيد يتحقّق باستمرار عبر الأحداث. دون أن تغيّر المبادىء فعلاً من طبيعتها، يصوغ المجتمع سلوكه مع الأدوات التي يقدّمها له العالم المادّي». فالتقنية التي تكون في متناول مجتمع معيّن تفرض عليه نمطاً من الحياة وتنظيماً اجتماعياً معيّناً يؤثّر عليهما كذلك المحيط الطبيعي. الصيّادون، الرعاة، المزارعون يتميّزون من حيث نمط حياتهم والنظام التقني لكلّ منهم. الإنسان «البدائي» ينظّم في وقت واحد مجتمعه، أرضه، ونظامه التقني الذي يربط كلّ شيء. يفترض الانتقال إلى الزراعة بالضرورة تحوّلاً اجتماعياً، تماماً كانتقال القسم الأعظم من السكّان اليوم إلى المدينة. كتب أيضاً أ. لوروا ـ غوران أنّ «علاقة الفرد بالمجتمع تتغيّر كنتيجة مباشرة لتطور البنيات التقنية ـ الاقتصادية، ومن المهمّ تحديد هذه البنيات من أجل فهم بعض خصائص الجهاز الاجتماعي أثناء مختلف مراحل التطوّر. أمّا النتيجة الأكثر مباشرة للمستوى التقني على المجتمع فتطال كثافة هذا المجتمع نفسها، ما أن يخلق التطوّر الفكري قيماً خاصّة بالعرق البشري حتّى تصبح العلاقة بين المستوى التقني والكثافة الاجتماعية العامل الرئيسي للتطوّر».

إنّ تحديد موقع العلاقات بين النظام التقني والنظام الاجتماعي يتمّ عبر النظر إلى عدم التوافقات أكثر منه إلى التوافق وفي هذا يكمن أحد الدروس الكبيرة التي نتعلمها من التاريخ. سواء في المجتمعات التي تُسمّى بدائية أو المجتمعات التي تُسمّى متطوّرة، يمكن القول إنّ النظام التقني قد لا يكون هو السائد لكنّه ينفي بعض الأوضاع. كذلك يمكن أن نشكّ ببعض الأمور: هكذا مثلاً بالنسبة لنظام الملكية الذي يؤثّر أيضاً، إلى حدّ ما، على العلاقات الاجتماعية المستقلّة، ولكن على مستوى محدود، عن التقنيات. بديهي أنّ التربينة الهيدرولية، التي حقّقت تطوّراً مهمّاً بالنسبة لطاحونة الماء القديمة، لم تحدث في بداياتها انقلاباً في المجتمع؛ إلاّ أنّ اعتمادها التدريجي والتحسينات التي طرأت عليها أدخلت إلى بعض المناطق الصناعية الأمريكية تحوّلات اجتماعية كبيرة، شبيهة بالتحوّلات التي كانت قد أحدثتها مكنة البخار في إنكلترا.

لا شكّ في أنّ الأمر كان مشابهاً بالنسبة لتقنيات المجتمعات «البدائية». لقد كان بإمكانها أن تكون متوافقة مع مجتمعات متنوّعة للغاية، أقلّه ظاهرياً. كلّما تعقّدت التقنية وتطوّرت نلتقي بظواهر تتواجد في جميع الحضارات. إلى تخصّص العمل بين الرجل والمرأة يضاف التخصّص بين الرجال. كما أنّ تطوّر جهاز الأدوات، وتعقّد المهمّات التقنية المتزايد يؤدّيان حتماً إلى تقسيم العمل، وهذا التقسيم يقود بدوره إلى عملية تنظيم اجتماعي وإلى نظام اقتصادي. وكلّما تقدّمت التقنية كلّما كان على الجماعة أن تتوسّع، بشكل يصبح بالإمكان معه تنفيذ مجمل الأعمال. بعد الرعاة يأتي على التوالي المزارعون، حرفيو الخزف، عمّال المعادن. عندئذٍ نصبح بصدد مجتمعات مبنية جيّداً، لا بل أكثر من هذا، يصبح بالإمكان إقامة أولى الأنظم السياسية والمدنية التي تبلور هذا التحوّل.

يجدر بمنطق النظام الاجتماعي ومنطق النظام التقني أن يتطابقا. إذ لا يمكن لمجتمع مزارعين أن يتنظّم بنفس طريقة مجتمع من البدو لأنّ نمط حياة كلّ منهما يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالنشاطات المادّية، إذن بتقنيات كلّ منهما. لكن هذا لا يعني بالضرورة، وهنا بإمكان التاريخ أن ينوّرنا، أنّه في مجموعة الأنظمة الاجتماعية، الأكبر بكثير من مجموعة الأنظمة التقنية، يستطيع واحد من هذه الأخيرة أن يفرض واحداً من الأنظمة الأولى.

علينا أن نأخذ جانب الحذر من التفسيرات المطلقة جدّاً، ومن الانعكاسات الشكلية جدّاً. كان لين وايت Lynn White، بالنسبة لعصر أحدث ولو كان القرون الوسطى، يربط اختراع ركاب الفارس مع ظهور الفروسية. إلاّ أنّ في الأمر التباساً، فقد كان يوجد في المجتمعات القديمة «فروسية» لم تكن تختلف بشكل جوهري عن فروسية القرون الوسطى، إذن في عصر لم يكن يعرف فيه ركاب الفارس. ذلك لأنّ هذا الركاب ليس عبارة عن تقنية

أساسية ناتجة عن الجواد، لا بل ظهرت ضرورته بعد ذلك عندما أدّى ثقل العتاد والأسلحة إلى اختلال توازن الفارس.

لنعد إلى الوراء. إنّ دراسة المجتمعات القديمة، مصر، الشرق الأدنى، ثم اليونان وروما، ونفس الشيء بالنسبة للحضارات المسمّاة غير الكلاسيكية، الصين، الهند وأمريكا، قلّما خصّصت مكاناً للتقنيات ولتأثيرها. إنّها بالطبع مجتمعات متنوّعة جدّاً، من حيث تنظيمها، من حيث تطوّرها، ومتنوّعة جدّاً أيضاً من حيث أنظمتها التقنية. ولا شكّ في أنّها كانت مذ ذاك مجتمعات متطوّرة جدّاً. وتطوّر المجتمعات ليس متوازياً بالضبط مع تطوّر التقنيّات وهذا بالتحديد ما يؤدّي إلى الأوضاع المتجمّدة. ما هو مهمّ في هذه العمليات هو أنّ الإعاقات لم تُنسب إلاّ إلى أحد العوامل: التنظيم الاجتماعي، أو على الأقلّ واحد من عناصره، هو الذي أوقف التطوّر التقني، وأفضل دليل على هذا الأمر نجده عبر الحضارات الأمريكية الجنوبية، الصين والعصر القديم الكلاسيكي.

التقنيات التي أوجدت مجموعات اجتماعية محدّدة جيّداً، خلال العصر القديم الكلاسيكي، هي تقنيات الصلصال، المعدن، الخشب والحجر، بينما كان يجري الباقي داخل المنازل. لكن من المحتمل أن يكون قد وُجد آنذاك حرفيوّ نسيج، ربّما من أجل الأقمشة الثمينة. في الحالتين الأولوين كان وجود الفرن يُجبر على تركّز هذين النشاطين في بعض الأحياء من أجل تجنّب الحرائق. نميّز تماماً هذا التحالف للتطوّر التقني من تقسيم العمل من تشكّل مجموعات اجتماعية معيّنة، من بعض الصدامات التي قد تظهر بينها، من الطبقة التي قد تتعلّق بالتقنيّات أكثر منها بالأفراد الذين يمارسونها.

لقد طُرح العديد من المسائل بشأن العلاقات بين التقنية والمجتمع، وقد سبق أن أشرنا إلى بعضها. المسألة الأولى قاربت بين تجمّد التقنيات ووجود ظاهرة اجتماعية هي الرقّ؛ هكذا كان بالنسبة للعصر القديم الإغريقي. ما يزال هذا الطرح منتشراً جدّاً وقد حاولنا سابقاً إعطاءه المصير الذي يستحقّه. هنا أيضاً تظهر الاستقلالية النسبية القائمة بين النظام التقني والنظام الاجتماعي، ففي الواقع نستطيع أن نكشف بسهولة أنّ الرقّ ليس السبب في تجمّد التقنيات القديمة، هذا التجمّد الذي يتعلّق فقط بأسباب داخلية للتقنية نفسها. من جهة أخرى عندما بدأ الرقّ بالاختفاء لم نلحظ أيّ تطوّر تقني يُذكر؛ كما أنّه كان يوجد أنظمة تقنية متجمّدة في بعض الحضارات التي لم تكن تعرف الرقّ: أمريكا الجنوبية، الصين. اليوم زالت فكرة المقدّم لوفيفر دي نويت Lefebvre des Noëttes تماماً، ففي العصر الذي تعمّم فيه التجديد التقني المهمّ الذي كتب تاريخه، كان الرقّ قد زال منذ وقت بعيد من أوروبا الغربية.

منذ ذلك العصر القديم نلاحظ وجود تقنيات أدّت إلى تنظيمات اجتماعية خاصّة. لقد أشرنا إلى هذا بالنسبة لبعض التقنيات الحرفية، كما أنّ نظام الشركات هو أقدم ممّا قد نتصوّر، حيث نجد أمثلة عنه عبر تنظيم المساحات الزراعية تبعاً لبعض الإلزامات التقنية. مثلاً شرح ج. شينوه J. Chesnaux عن بعض القرى الصينية الجماعية القديمة وتنظيمها ضمن كيانات قويّة من أجل المقاومة المشتركة ضدّ الجفاف الخطير أو الفيضانات المهدِّدة. كذلك وصل ويتفوغل Wittfogel إلى نفس الفكرة: كانت حضارة الأرزّ تستدعي نظام ريّ يفترض مجتمعاً منظّماً جدّاً. نفس الشيء كان من جهة أخرى بالنسبة للسهول الخصبة الإسبانية، حيث قام مجتمع دلّتنا إليه قوانين الماء العائدة إلى القرن الثالث عشر، كما رواية بلاسكو إيبانيز Blasco Ibanez خلال القرن التاسع عشر. وقد أراد ف. بروديل F. Braudel توضيح التفسير. «هذا التفسير الذي يبدو على قدر كبير من البساطة كان عرضة للنقاش على أكثر من صعيد. إذا كان هناك من جبرية للماء المستخدمة، للماء الضرورية لزراعة الأرزّ (كما لكلّ زراعة أخرى)، وللأرزّ نفسه (كما لكلّ غذاء أساسي)، فإنّ هذه الإلزامات لا تشكل سوى عناصر في بنية أكثر تعقيداً. في هذا حقيقة لا يجب أن تغيب عن البال. كذلك لا يجب أن تغيب إلزامات حضارة الأرزّ، فهي قد دخلت وما زالت تدخل في الحسبان».

يمكننا أن نذكر إلزامات أخرى تفرضها الطبيعة والضرورات التقنية للإجابة عن الطبيعة، إلزامات أدّت إلى «صيغ» اجتماعية جماعية على مستوى عال من الدقة. إنّ إنتاج الحديد، أقلّه انطلاقاً من عصر معيّن قديم جدّاً على الأرجح، وحتّى القرن الثاني عشر أو الثالث عشر وأحياناً بعدهما، كان منظّماً بطريقة جماعية. أثناء المواسم الزراعية الراكدة، ويحتمل أنّه كان هناك مجموعات دائمة من المستثمرين، كان المزارعون يقومون سويّة باستخراج الركاز، بصنع فحم الخشب وتحويل الركاز في الأفران المنخفضة. لقد التقينا باستثمارات جماعية كهذه في بولندا، في منطقة كييلسي Kielce، قامت على ما يبدو بين القرنين الأوّل والرابع لترويد الامبراطورية الرومانية بالحديد. كذلك وجدنا مثلها في بوهيميا في عصور لاحقة، وتظهر لنا نصوص تعود إلى الفترة بين القرنين الثامن والثاني عشر وجودها في فرنسا، في النورماندي، في جبال الألب، في جبال البيرينيه، في شمبانيْ Champagne. كما كانت موجودة في إيطاليا، في وادي سكالفي Scalve، في ألمانيا في منطقة فولدا Fulda، وفي إنكلترا في غابة دين Dean. منذ اليوم الذي ظهر فيه الفرن الثقيل، خلال النصف الأوّل من القرن الثاني عشر، قامت هذه الأداة ذات العمل المتواصل بقلب التنظيم السابق. عندئذٍ انتقل إنتاج الحديد إلى الأديرة، إلى طبقة الأسياد ثمّ إلى البورجوازيين الأثرياء:

وبدأت الجماعات القديمة تتفكّك وتزول على درجات متفاوتة من البطء.

النظام التقني في القرون الوسطى يختلف كما لاحظنا عن النظام التقني في العصر القديم، كذلك فإنّ المجتمعات هي مختلفة أيضاً. ولكن هناك بالطبع بعض التشابهات قد تكون أهمّها تلك التي يشار إليها ضمن التنظيمات الحرفية. لقد نتج عن نهضة وقوّة الشركات في القرون الوسطى، إلى حدّ ما، إعاقة أمام التطوّر التقني، فقد كان تصلّب المجتمع الجماعي يتسبّب في تجمّد التقنيات النسبي. وقوانين الشركة كانت تعتمد من الناحية التقنية على الممنوعات: استعمال بعض المواد، استعمال بعض الطرق، بعض الآلات. هكذا مثلاً، في حالة الصناعات النسيجية، بالنسبة لاستعمال الأصبغة، الشحوم، الحلاجة ودولاب المغزل. ما أن يدنو التطوّر التقني من قلب البنيات الحرفية نوعاً ما، إذن الاجتماعية، حتّى كنّا نرفضه ونعود في هذه الحالة، كي يبقى الضمير مرتاحاً، إلى التركيز على نوعيّة المنتوجات.

في حالة أخرى تبدو الفوارق أهمّ وأكبر. إنّ تطوّر عدد معيّن من التقنيات الزراعية، الاستصلاحات كما تعميم المناوبة الزراعية الثلاثية نزع من جهة إلى إزالة رقّ الأرض، أو على الأقلّ نحو استبداله بأشكال مختلفة من الأجور، وأثّر من جهة أخرى بقوّة على تنظيم القرية وكامل حياة الشعوب الزراعية. لا تسمح لنا النصوص التي بحوزتنا بمعرفة نتائج الانتقال من المحراث البسيط إلى المحراث العادي، ثمّ إلى المحراث الثقيل، الذي كان يتطلّب طريقة كدن أقوى، أي إلى طبقة فلاّحين من نوع مختلف؛ الشيء نفسه بالنسبة لامتداد زراعة الكرمة نحو الشمال. لا يمكن أن ننكر في مجال الزراعة، حيث تبدو معطيات الطبيعة ومعطيات التقنية في آن واحد على أهمّية خاصّة، إنّ البنيات الاجتماعية هي نوعاً ما مقولبة بهذه المعطيات.

هناك بالطبع وجهات نظر أخرى. يمكننا أن نفكّر بأنّ الإقطاعية، وهي عبارة عن تنظيم اجتماعي، لا ترتبط بأيّ شكل بتطوّر التقنيات، بانتشار الطاحونة المائية، ولا بظهور ركاب الفارس. ولكن كان هناك ظهور القصر، للذي لم يكن موجوداً في الحضارات القديمة المتمحورة حول المدينة، كما كان هناك تعديلات في الفنّ الحربي.

لا شكّ في أنّنا لم نركّز كما يجب على التغييرات التي حدثت في ذلك العصر المسمّى بعصر النهضة. بالطبع لن نعود إلى التحوّلات التقنية فقد سبق أن أشرنا إليها وفصّلناها. من جهة أخرى نعرف جميعاً الثورات الاجتماعية والسياسية التي رافقتها، حيث كان عالم بأكمله يتحوّل، عالم بأكمله يظهر. وتوازياً مع إقامة نظام تقني جديد، ظهرت سلطات مركزية واستأثرت به وعبر هذه السلطات كان مجتمع جديد يتكوّن. واختفت آخر

بقايا النظام الإقطاعي أمام المدفع، أمام الجيوش الحديثة. أمّا الشركات فقد انتقلت لتخضع إلى السلطة الملكيةٍ مع كامل تنظيمها التقني. مع ظهور المركنتيلية، وهي سياسة اقتصادية وتقنية في الوقت نفسه، تنظّم المجتمع بطريقة مختلفة. إذا كانت التقنية أصبحت منوطة بالدولة فإنّ التقني، بالمعنى الشامل للكلمة، قد أخذ بعداً آخر. وهذا في جميع المجالات.

لقد أشير إلى ردود فعل واضطرابات اجتماعية. إضرابات عمّال المطابع عند منتصف القرن السادس عشر، دفع مخترع نول يصنع الجوارب من على هاوية في مرفأ دانتزيغ Dantzig، الذي أشار إليه ماركس، في نهاية القرن، هدم القصور في عهد ريشليو Richelieu، تطوّر رأسمالية معيّنة ترتبط بالحصول على التقنيّات المتقدّمة (ونفكّر بالتقنيات المنجمية). إنّ كلّ الدراسات التقنية، من أغريكولا Agricola إلى أولفييه دوسير Olivier de Serres وإلى برنار باليسي Bernard Palissy، من ألبرتي Alberti إلى بيرنغوكشيو Biringuccio، كانت تتناول التحوّل الاجتماعي. لقد أصبح النظام الاجتماعي الأسبق والنظام التقني آنذاك غير متوافقين أبداً: كان يجب القيام بثورة تقنية وثورة اجتماعية في آن واحد، مع الاحتفاظ بإمكانية الاختيار.

البنيات الاجتماعية أخذت أبعاداً أخرى وتتابع التطوّر حتّى نهاية القرن الثامن عشر، حيث أدانت ثورة هذا العصر الصناعية الانعكاسات التي أحدثتها ثورة عصر النهضة. عندئذٍ ظهرت بعض العناصر، وأحياناً بصورة بطيئة. أوّلاً طبقة عاملة، بالمعنى الحديث للكلمة، ابتعدت نوعاً ما عن رابطة الحرفيين الجماعية. وقد زاد من قوّة وجودها تأسيس المعامل الكبيرة، خلال القرن السابع عشر، حتّى وإن لم تكن التقنية متقدّمة كما ينبغي. إنّ معمل سان غوبان Saint - Gobain، ومعامل فان روبي Van Robais في آبفيل Abbeville، وديجونفال Dijonval في سيدان Sedan تعتبر تقريباً مصانع، بالمعنى الحالي للكلمة: توازياً مع تركز لليد العاملة، ويد عاملة دائمة. لا شكّ في أنّ العلاقة بين تقدّم المعمل وتقدّم تقسيم العمل هي أقلّ وضوحاً ممّا اعتبر ماركس. في الحقيقة معلوماتنا حول تنظيم العمل في هذه المعامل الكبيرة تحت النظام القديم ليست كافية: لقد كان هذا التنظيم موجوداً دائماً في جميع المجتمعات المتطوّرة تقنياً ويظهر لنا مثل آدم سميث أنّه قد يوجد فعلاً، وعلى مستوى عال، في المحترفات الصغيرة التي لا تمتّ إلى المعامل بأيّ صلة.

العنصر الثاني، وهو على نفس القدر من الأهمّية تقريباً، هو تشكّل طبقة من التقنيين. بالطبع كان هؤلاء دوماً موجودين أيضاً: المهندس المعماري يعود إلى عهد البناء، ورجال المدفعية إلى عهد آلات القذف. ولكن لنفكّر بهذا النوع الجديد من الرجال الذي أوجده

عصر النهضة ويتضمّن الفنّانين، المهندسين العسكريين، مهندسي البناء، وعلماء المياه. المهندسون العسكريون، ثمّ كلّ التقنيين الذين تحتاج إليهم البلدان المركزية، يؤمّنون البديل. نذكر، عند نهاية القرن السابع عشر، فوبان Vauban في فرنسا، وكريستوفر بولهم Christopher Polhem في السويد، وكثيرين غيرهم اضطلعوا بالتطوّر التقني ذلك العصر. لنفكّر بذلك التنظيم الرائع لمكاسر الأمواج والسدود في الأقاليم المتّحدة في هولندا: سيمون ستيفن Simon Stevin هو من أبرز من يمثّلها. على كلّ هؤلاء الرجال توقّفت الآن إدارة التقنية. وهم لم يكونوا قد أصبحوا بعد فنّيين تكنوقراطيين: كانوا يطبّقون ما يُطلب منهم، لأنّهم وحدهم يعرفون. إنّ ظهور هذا النوع الاجتماعي الجديد، ولا نقول طبقة اجتماعية، يتطابق تماماً مع وضع نظام تقني جديد ومع تحضير التالي. كما أنّه يتطابق مع تنفيذ قواعد السياسة الاقتصادية المسمّاة بالمركنتيلية.

ليس هناك من مثل أفضل من فرنسا، حيث أصبحت منهجة كلّ الميادين من مبادىء الدولة الأساسية في عهد كولبير Colbert، ولم تتوقّف عن التوسّع حتّى نهاية القرن الثامن عشر. ونعرف دعائمها الأساسية: الجيش (بما فيه البحرية)، مراقبة المعامل، الأشغال العامّة لا سيّما الجسور والطرقات، وإذا أردنا أن نذهب أبعد أيضاً، الإدارة والقضاء. عالم من التقنيين الذين يطبّقون التقنيات المتنوّعة بالطبع، ولكن المتطابقة، المترابطة. ويُدرج كلّ شيء كمؤسّسة إمّا في ما يتعلّق بالمبادىء الكبيرة، مع أكاديمية العلوم، وإمّا في ما يتعلّق بتطبيقاتها مع جهاز الدولة وبعده مع مدارس التأهيل. ما إن أصبح الاسم، أي التأهيل، متطابقاً مع الوظيفة، أي استئثار الدولة بالتقنية، حتّى شهدنا نوعاً آخر من المجتمع، ينبذ ولادة أو ملكية الأرض.

وسرعان ما ظهرت التداخلات: هناك المعرفة التقنية ورأس المال، منفصلين أو متّحدين، ولكن مرتبطين ببعضهما. قامت طبقة النبلاء بالاستثمار في مجال الأعمال الصناعية، التي يديرها التقنيون. ولكن طبقة النبلاء أيضاً، ولأنّ الأمر يتعلّق بأملاكها الخاصّة، بأراضيها، تقريباً بسبب وجودها، لا تريد أن تتأخّر في سائر الميادين: الشركات الزراعية، المزارع النموذجية، الاستثمارات العقلانية، جميعها أمور تكاثرت في أنحاء البلاد. منذ اللحظة التي تُظهر فيها الثورة التقنية التحوّلات القادمة، نجد عالماً بأكمله في انتظارها.

من الصعب جدّاً تحديد الأرقام، ومن المؤسف أنّه لم تُجر أيّ محاولة بهذا الصدد. حتّى وإن كان عدد التقنيين قليلاً نسبياً، فإنّ تأثيرهم كان ملحوظاً. من أسّس فرن الكروزوه Le Creusot كانت مجموعة من ضبّاط المدفعية ينتمي إليها ابن صاحب محارف حديد.

كذلك شارك أحد ضبّاط الهندسة، مونج Monge، بتطوير العلم وأعاد تنظيم كلّ التعليم التقني العالي. أمّا مراقبو المعامل فقد دفعوا الصناعة الفرنسية على اعتماد التجديدات الإنكليزية. والجميع كان يساعدهم إداريون واعون بمعظمهم تماماً إلى التحوّلات التي حدثت في ما بعد، وحكّام واعون هم أيضاً إلى ملاءمة الأنظمة، حضّروا الأطر القانونية الجديدة المناسبة للتقنيات المستحدثة.

دبّت إذن حركة في المجتمع، من أسفله إلى أعلاه، ولكن ليس دون تكتّمات أو تحفّظات. ولا تذكر هنا أكثر من مثل ينطبق على إسبانيا كما ينطبق على فرنسا. نحو منتصف القرن الثامن عشر، جرت المحاولة لإدخال بعض التقنيات ما قبل الصناعية في الأرياف من أجل زيادة الدخل الفلاحي. هكذا كان بالنسبة لدولاب المغزل الذي لم يكن يُعرف بعد رغم تاريخه الطويل، والمعدّ لإنتاج الخيوط من أجل صناعةٍ نسيجية في أوج تزايدها. لذا قامت حملة وطنية، وأرسلت الدواليب إلى جميع الأنحاء تقريباً كما أقيمت «مراكز تأهيل» للغازلات. فجأة ظهرت معارضة عنيفة جدّاً اتّهمت السلطات بأنّها تريد إبعاد الفتيات عن الأرياف، بأنّها قلبت نوعاً ما مجتمعاً زراعياً لم يكن بحاجة لهذا الأمر، وحتّى ولو لم يكن راضياً عن مستوى مداخيله. حتّى أنّ بعض الخوارنة وصلوا إلى حدّ الاتّهام بما نسمّيه اليوم تجارة الرقيق الأبيض: في الواقع كان هذا التجمّع من الشابّات مُعدّاً لإرسال النساء إلى المستعمرات الأمريكية. سنرى أنّنا ما نزال في أيّامنا هذه نلتقي بردود فعل مشابهة في بعض بلدان العالم الثالث التي نريد أن نحمل إليها، أو نفرض، تقنيات تؤدّي بالضرورة إلى تغيّرات في المجتمعات التقليدية. ونعرف أنّ المجتمع التقليدي والنظام التقني هما أمران متداخلان بعضهما بشكل وثيق. في إسبانيا أخذت المعارضة أشكالاً أخرى، حيث كان دولاب المغزل يحجز المرأة في منزلها بينما كان العرناس والنول يسمحان لها بالذهاب للثرثرة مع الجارة أو لترعى بقراتها. لو كانت جان دارك تغزل على الدولاب لما سمعت آراء الناس ومشاكلهم.

إنّ كلّ هذا الجانب من التطوّر الاجتماعي قلّما تناولته الدراسات. وما كان يحدث في القارّة الأوروبية كان مختلفاً عمّا كان يحدث في إنكلترا. ولكن عندما يتناول المؤرّخون في مختلف البلدان ظروف الثورة الصناعية التقنية تخرج تحليلاتهم متباعدة جدّاً، ويبدو أنّ في هذا مشكلة أساسية بين النظام التقني والنظام الاجتماعي. في الواقع كلّ الكتابات الوفيرة التي كُرّست للثورة الصناعية عند نهاية القرن الثامن عشر تتملّص من الإجابة عن هذه المسألة. في معظم الحالات وعندما يتعلّق الأمر بالمجتمع، يُطرق الفعل التقني فقط من أجل تحديد الموقع الاجتماعي للمخترعين والمجدّدين. المجتمع الإنكليزي عند نهاية

القرن الثامن عشر لم يكن مجتمعاً مجمّداً، كما كان الحال في سائر القارّة، وهذا دون شك ما سمح إلى حدّ ما بإقامة نظام تقني جديد. بالطبع لم يكن هناك من تأثير لنظام على آخر ولكن كان يوجد بينهما بعض التوافق؛ لم تقم الثورة الإنكليزية الصناعية على أسس اجتماعية لكنّها استفادت من محيط اجتماعي ملائم.

أمّا الوضع في فرنسا فكان مختلفاً إلى حدّ بعيد. نذكر أوّلاً أمراً لم يُشر إليه بما يكفي وهو أنّ النظام التقني الجديد لم يتشكّل فعلاً من قبل سنوات الثمانين من القرن الثامن عشر. لقد كانت ديناميكية التجارة والصناعة في فرنسا أقلّ بكثير منها في إنكلترا. أمّا العقلانية الفرنسية فقد أوجدت طبقة تقنية تتضمّن مهندسي الجسور والطرقات، مصانع السفن، المناجم، مراقبي المعامل، ضبّاط الأجهزة العلمية في الجيش، أطبّاء بيطريين وجميعهم كانوا ينتمون إلى الدولة ليس إلى الصناعة، التجارة أو الزراعة. إذن تجاه مجتمع أكثر تجمّداً، أدرجت التقنية ضمن مؤسّسات بفضل فئة اجتماعية بقيت مع هذا معزولة بالرغم من جهودها، ويجب القول أيضاً بالرغم من نجاحاتها. قسم من هذه النخبة التقنية شارك في الثورة السياسية، وبالتالي الاجتماعية، التي كانت تحتاجها البلاد. وقد وعت الملكية هذا الأمر، وأرادت خلال القرن الثامن عشر أن تُنشىء إلى جانب طبقة نبلاء القضاء والجيش، القديمين آنذاك، طبقة من نبلاء التجارة والصناعة. ولكن كان في هذا نوعاً ما تأكيد وتثبيت للحواجز غير المناسبة للتحوّلات التقنية.

بالمقابل نلمس عبر القرن التاسع عشر تأثيراً من قبل النظام التقني على النظام الإجتماعي. ربّما كان التطوّر الاجتماعي بطيئاً ولكنّه سار بخطى ثابتة في الثلث الثاني من القرن. عندئذٍ، في جميع البلدان التي كانت في طور التصنيع، نشأ ما يسمّى بالمجتمع المساواتي، وظهرت طبقة عاملة حقيقية. وقد ذكر إنجلز Engels في دراسته حول «وضع الطبقة العاملة في إنكلترا» إنّ «تاريخ الطبقة العاملة يبدأ في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، مع اختراع مكنة البخار والمكنات المعدّة لشغل القطن. ونعرف أنّ هذه الاختراعات بدأت ثورة صناعية أدّت إلى تحويل المجتمع البورجوازي بمجمله واليوم فقط بدأت أهمّيتها تؤخذ بعين الاعتبار في تاريخ العالم».

بعد ذلك أخذ النظام التقني يفرض إلزاماته على المجتمع، وذلك على درجات متفاوتة، لأنّ حلوله كانت عديدة. مجتمع مساواتي، بالطبع، من حيث مبدئه، ولكنّه متنوّع جدّاً من حيث الواقع. وما يدهشنا هو النقص في الدراسات الجدّية، وذلك في كلّ البلدان المتقدّمة تقنياً. مثلاً، باستثناء بعض الحالات النادرة، لم يُجر أحد دراسة طبقة أرباب العمل، ولا علاقاتها مع الطبقة السياسية. كذلك نجهل تماماً تقريباً مرحلة تكوّن الطبقة العاملة. وماذا

يسعنا أن نقول عن الطبقات المتوسّطة، طبقة التجّار، طبقة الموظّفين وكلّ هذا القطاع الثالث الذي بدأ يأخذ أهمّية متزايدة على مدى القرن؟

من الصعب حتماً إيجاد أرقام بشأن هذا التطوّر الذي يختلف تبعاً للبلدان، وتبعاً للمناطق، كما أنّ هناك حدوداً بين المجموعات الاجتماعية يصعب رسمها. أخيراً هناك بعض الدراسات، وبعض الأرقام التي قدمّتها لنا إحصائيات رسمية، ولكن لا يمكن الاعتماد عليها، فبين هذه الأرقام هناك ما لا يمكن اعتباره أكثر من نتيجة تقريبية.

مع ذلك يبدو أنّه بالإمكان تحديد فاصل نحو سنة 1860، على الأقلّ بالنسبة لمعظم بلدان القارّة الأوروبية. إذ إنّه فقط انطلاقاً من هذا التاريخ اكتسب المجتمع الحقيقي الصناعي هويّته، حيث أحدثت ثورة أو ثوارت العام 1848، في عدد كبير من البلدان، نوعاً من التصدّع.

كما قلنا لا نملك أيّ دراسة شاملة حول تشكّل الطبقة العاملة، هناك فقط بعض الدراسات الآحادية التي تسمح لنا بإجراء بعض التقديرات العامّة. للمسألة في الواقع ناحيتان اثنتان: من جهّة تكوّن الطبقة العاملة ومن جهة أخرى تطوّرها.

لا شكّ في أنّ تطويع الطبقة العاملة كان في القارّة الأوروبية أبطأ منه في إنكلترا. المثل الأوّل نجده عبر صناعة للأقمشة الهندية، أُقيمت سنة 1752، في قرية نهرية بالقرب من بحيرة نوشاتيل Neuchâtel. بادىء الأمر، وُضعت بنية مجموعة العمّال بكامل الوضوح؛ في الأعلى كان هناك الرسّامون والناقشون، وهم عمّال ذوو كفاءة عالية، يتأهلّون على مدى أربع سنوات تدريب. بعدهم يأتي الطابعون الذين يطبّقون اللوحة الأولى على القماش، وعاملات يطبّقن اللوحات التالية. هؤلاء يخضعون جميعاً لفترة تدريب تبلغ ثلاث سنوات. أمّا معظم العمّال الباقين فليسوا بشكل عام من أصحاب الكفاءة العالية: ملوّنات بالريشة يضعون بعض الألوان في اللوحة، عمّال يدويون يغسلون الأقمشة، يصقلونها، يلمّعونها أو يلفّونها، وأخيراً الساحبون والساحبات وهم أولاد صغار السنّ يتعلّق عملهم بالعامل المتخصّص الذي يساعدونه. إذن كان توزيع المهمّات متقدّماً نسبياً، وقد أمكن إيجاد أوّل المتطوّعين بالقرب من مكان الصناعة حيث كان سكّان القرية في مرحلة فقدان التوازن ولم تكن الكروم تستخدم سوى قسم من اليد العاملة. أمّا بالنسبة لأصحاب الكفاءة، الذين كانوا على قدر أكبر من الحركية، فكان أفق مصادرهم الجغرافي أوسع بكثير ويتجاوز سويسرا نفسها. ونذكر أنّ نشاط التلوين بالريشة كان غير متركّز وسهّل بهذا من مشاكل التطويع.

إلاّ أنّ التطوّرات التقنية أدّت إلى التعديل في هذه البنيات. اختراع الآلة الطابعة بواسطة الاسطوانة لم يتوطّد، لأسباب تقنية، إلاّ بصورة تدريجية. إذاً كان اختفاء طابعي

اللوحات يتمّ بشكل بطيء نسبياً. «أمّا الملوّنات بالريشة فقد اختفين بصورة أكثر فجائية، خلال السنوات 1800-1820، حيث ألغى اكتشاف ألوان التطبيق الجديدة الفائدة من عملهن. كذلك اختفى الساحبون، خلال السنوات 1830، بعد اختراع الساحبة الآلية وهي عبارة عن جهاز يسمح للطابعين بالاستغناء عن خدمات الساحبين». إذن قام التطوّر التقني، وهنا تقدّم الآلية، بتقوية نسبة أصحاب الكفاءة بشكل ملحوظ، وبالحدّ من دور اليد العاملة النسائية والصبيانية. ويُظهر لنا الجدول التالي كيفية هذا التطوّر:

عدد العمّال	1764	1794	1846
رسّامون، ناقشون	17	45	43
طابعون	83	177	85
عمال يدويّون	46	105	108
ملوّنات بالريشة	129	210	0
ساحبون	83	177	0
النسبة المئوية لليد العاملة الكفوءة	%28	%31	%53

في معمل جوي Jouy، خلال السنوات الأخيرة من النظام القديم، كانت اليد العاملة الكفوءة تمثّل نحو ربع مجموعة العمّال. كانت هذه اليد العاملة متجمّعة باستثناء الملوّنات اللواتي كنّ يستطعن العمل دون أن يتركن منازلهن. كذلك نذكر أنّ القسم الأكبر من العمّال كانوا من المحيط المحلّي والزراعي ولكن تجدر الإشارة هنا كما في صناعات أخرى، إلى نسبة عالية من الأجانب بين أصحاب الكفاءة، كانوا في حالتنا ذوي أصل سويسري، عيّنهم ربّ عمل سويسري هو الآخر.

لقد أمكننا الاطّلاع على قائمة ومصادر أوّل نواة من العمّال في الكروزوه، كذلك في السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر. إذا كان العمّال اليدويون من أصل محلّي وريفي فإنّ أصحاب الاختصاص كانوا يأتون من مناطق فرانش ـ كونتي Franche - Comté، الألزاس L'Alsace وخاصّة اللورين Lorraine حيث عيّنهم أحد مؤسّسي المشروع إينياس دو وندل Ignace de Wendel.

في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، أي بالتحديد عندما بدأت التقنيات الانكليزية تغزو القارّة، يمكن ملاحظة العديد من الظواهر. تتعلق الظاهرة الأولى بالعمّال

المتخصّصين كلّياً، وهي ظاهرة قديمة: كان كولبير Colbert قد عيّن عمّالاً أجانب من أجل أن يُدخل إلى فرنسا صناعات لم تكن موجودة فيها، بواسطة إعفاءات ضريبية وقوانين خاصّة، مع إلزامهم بتعليم مهنتهم للمواطنين الأصليين أو الإقامة نهائياً في البلد والتزوّج منها. خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر ظهرت صناعات غزل على الطريقة الانكليزية بفضل مقاولين إنكليز، مثل هولكر Holker أو وادينغتون Waddington، اللذين انتقلا مع عمّال من بلادهم. بعد الفاصل الزمني الثوري والامبراطوري عدنا التقينا بالحركة نفسها، وقد زعم البعض أنّه بين العامين 1820 و 1830، كان هناك حوالي عشرة آلاف عامل إنكليزي في فرنسا. تُظهر لنا دراسة الصناعة الحديدية أنّ المسوّطين والمصفّحين أي أكثر العمّال كفاءة، كانوا أيضاً من الإنكليز في معظم المؤسّسات الحديدية في فرنسا. ونلتقي بهذا الوضع في الكروزوه، في ديكازفيل Decazeville، وفي لياج Liège وفيتكوفيس Vitkovice (مورافيا) أيضاً. لا يبدو أنّ هذه اليد العاملة المعلّمة قد هاجرت نهائياً، لقد علّمت مهنتها لعمّال فرنسيين كانوا على الأرجح قد عملوا في صناعات مشابهة. وبالنسبة لطبقة العمّال هذه لم يكن الأمر عبارة عن تغيير كلّي ولكن تغيير تقني في صناعة كان سبق لهم أن مارسوها. بعد سنة 1830 وباستثناء بعض الحالات، يبدو أنّ المواطنين الأصليين أمّنوا البديل بشكل عام.

هناك أيضاً ملحق لهذا الوضع، فالعمّال ذوو الكفاءة العالية جدّاً هم ندرة تتنافس عليها المؤسّسات. نلحظ هذا الأمر منذ القرن الثامن عشر بالنسبة لرسّامي، ناقشي وطابعي القماش الهندي كما بالنسبة للحدّادين الكبار. وقد تتابعت هذه الظاهرة حتّى النصف الأوّل من القرن التاسع عشر سواء بالنسبة للعمّال الإنكليز أو لعمّال القارّة الأوروبية. هذا الأمر يتعلّق أيضاً، في عصر أتقنت فيه التقنيات بانتظام وتعقّدت، بتشكيل ارستقراطيات عاملة حقيقية نادراً ما دُرست. كان المسوّطون، المصفّحون، نافخو الزجاج يتناقلون مهنتهم عبر العائلة ويمارسون بهذا سياسة مالتوسية تهدف إلى المحافظة على رواتب عالية. كانت الوراثة المهنية، التقنية، تتطابق مع الوراثة الاجتماعية. ذلك لأنّ ممارسة تقنية معيّنة تتعلّق أيضاً بالحركة والكلام ولا تُدرس في الكتب أو في المدارس. في فرنسا، كما في كلّ مكان آخر تقريباً، قلّما حمل التعليم المهني الواسع، وكان عمل جمعيات معظم الأحيان، سوى على الرسم والحساب. لذا فقد حاول أرباب العمل كسر هذه الامتيازات عبر فتح مدارسهم الخاصّة، تقريباً في المصنع: هكذا فعل مونغولفييه Montgolfier بالنسبة لصناعة الورق في أنوني Annonay عند نهاية القرن الثامن عشر وتعمّمت الحركة في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر.

إذا نظرنا إلى مجموعة العمّال، حيث تتكوّن الأغلبية من غير المتخصّصين معظم الأحيان، يمكننا إجراء ملاحظتين. تتعلّق الملاحظة الأولى، حتّى حوالي سنة 1860، بصعوبة تعيين اليد العاملة. من العام 1830 إلى العام 1860، كان على صناعة الفحم في لياج أن تواجه، على ثلاث كرّات على الأقلّ، نقصاً جدّياً في عدد العمّال. الشيء نفسه في الحوض الفحمي شمالي فرنسا، كما في أليس Alès أو في ديكازفيل في مصانع الحديد. عندئذٍ أرسلت البعثات إلى مناطق تتميّز بتقليد صناعي مشابه كمحاولة لتوظيف بعض العمّال. ما أن يجد مصنع ما نفسه في وضع صعب حتّى يهرع الجميع لاستعادة اليد العاملة. هكذا كان الحال في الكروزوه خلال السنتين 1832-1833، وفي أليس خلال السنتين 1834-1835.

في معظم الحالات كان تعيين العمّال يجري ضمن أُفق جغرافي محدود. هكذا مثلاً في مصانع كوكريل Cockerill في لياج مع توسيع لشعاع التعيين (بالنسبة المئوية من العمّال):

	من 0 إلى 5 كلم	من 5 إلى 12,5 كلم	من 12,5 إلى 25 كلم	أكثر من 25 كلم
1826	46,1	38,4	15,3	
1830	40,0	40,0	20,0	
1836	18,9	54,0	26,1	0,9
1840	30,0	30,0	22,5	17,5
1846	28,4	27,3	32,4	6,1
1848	5,3	24,4	17,7	4,4

ونذكر أنّه بالنسبة للفترة بعد العام 1840 لا نعرف سوى قسم من مصادر العمّال. يُحتمل أنّه بين العامين 1846 و 1848 كانت المؤسّسه تذهب للبحث عن قسم مهمّ من العمّال في الخارج. أمّا في ديكازفيل، حيث كانت منافسة سائر الصناعات أقلّ بكثير مما كانت عليه في لياج، كان يتمّ التعيين في الأرياف ضمن شعاع ضيّق نسبياً.

هنا أيضاً علينا إجراء ملاحظتين. الأولى هي أنّه في العديد من الحالات لم يكن وضع التقنية يتطلّب نسبة عالية من العمّال المتخصّصين في حين أنّ النقص في وسائل التوزيع الممكنة كان يستلزم عدداً كبيراً من العمّال اليدويين. من هنا ذلك الفارق بين ندرة بعض المهن وصعوبة تعيين العدد الكبير. أكثر من هذا لم يكن هؤلاء العمّال المعيّنون من الأرياف

المجاورة بعد منفصلين تماماً عن النشاط الزراعي، وقد أُشير في ديكازفيل إلى ترك للمراكز في موسم قطاف العنب، وفي أليس كذلك في موسم قطاف الشرانق.

ترتبط مسألة تكوّن البروليتاريا الصناعية ارتباطاً وثيقاً بالوضع الاقتصادي والاجتماعي للمناطق المحيطة، ذاك العصر، بمصانع كانت تقوم في وسط البيئة الزراعية. لقد كان تعيين العمّال في مصنع الحدي-د في فيتكوفيس Vitkovice، في مورافيا، يغطّي مساحة بلغت 2100 كلم[2]. في تلك المساحة كان حوالي 17% من الأملاك الزراعية يؤمّن معيشة مالكيها وعائلاتهم. تبقى إذن ضرورة استجار حوالي 83% من السكّان. لقد انتقل مقدار العمّال من 45 سنة 1833، إلى 1300 سنة 1842، إلى 2596 سنة 1850. خلال تلك الفترة كان 32,7% من العمّال يأتون من منطقة يبلغ طول شعاعها عشرة كيلومترات. وننقل من ضمن هذه المجموعة التوزيع المعروض أدناه بالنسبة المئوية والذي وضع بطريقة تقريبية نوعاً ما لأنّ بعض الفئات ليست محدّدة كما يجب؛ وبشكل خاص، بين الحرفيين، الممزوجين مع سكّان المدينة، البعض يأتي من المدن والبعض الآخر من الريف:

مزارعون	58,1
سكّان مدن، حرفيّون	17,1
عمّال	15,7
مهن حرّة	3,3
عمّال يدويّون	5,8

بين المزارعين كنّا نجد أيضاً 41,88% من المالكين الصغار، 23,91% ممّن يسمّون بالفلاّحين، 17,11% من المستأجرين، و 14,53% من «البستانيين».

أمّا المسألة الأخيرة فقد عولجت بكثرة، وهي تتعلّق بدخول النساء والأولاد في هذه الصناعة نصف الحديثة. هنا أيضاً كان مستوى التقنية النموذجي يفتح لهم باب المصانع على مصراعيه، على الأقلّ في مصانع بعض الصناعات. إنّه لأمر ملفت كون نسبة النساء والأولاد في المجال الصناعي لم تتوقّف عن التزايد خلال النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، وفي بعض الصناعات وصلت هذه النسبة إلى 70%. بعد ذلك رأينا نوعاً من الانحسار، تحت ضغط المكننة: اليوم نشهد استعادة للعمل النسائي بسبب صناعات جديدة متآلية جزئياً.

إنّ تنظيم العمل، في هذا النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، يبدو من نوع خاص تماماً، حتّى في ما نسمّيه اليوم بالمصانع بالمعنى الحديث للكلمة.

معظم الأحيان كانت المؤسّسة الكبيرة تتضمّن، خلف مظهر خارجي من الحداثة، تنظيماً تقليدياً تماماً للعمل. لقد كان السعر الموضوع بالمساومة والمزاد بين الفرق قاعدة في مناجم الفحم الحجري (في منطقة سانتتيان Saint-Etienne) حيث كان التلزيم يتمّ تبعاً للحمولة أو طول العروق وحتّى في مصانع جيفور Givors وسان شامون Saint - Chamond حيث كانت المنافسة تحتدم حول تلزيم سباكة الفرن العالي؛ في الصناعات الزجاجية، لم يكن المصنع ـ مثلاً عدّة مئات من العمّال في ريف ـ دو ـ جيبه Rive - de - Gier أكثر من هيكل إداري، حيث إطار الإنتاج الحقيقي كان المكان أمام الفرن: كان النافخ الموصى به يدفع بنفسه الأجرة لمساعديه وللخلاّطين الذين كانوا بدورهم يقبضون العمّال اليدويين، والأولاد والنساء الذين كانوا يحزمون الزجاجات. ويمكننا الإكثار من الأمثلة التي تجعل من المصنع ليس الجهاز المترابط مثل الموجود في القرن العشرين، بل مجرد تجمّع لمهن فردية حيث كان بإمكان العمل اليومي أن يحتفظ ببعض المظاهر الحرفية.

هذه هي الترجمة الدقيقة، في ميدان تنظيم العمل، لنظام تقني تجزّأت فيه مختلف مراحل الصناعة إلى مجموعات وحيث نقلنا بالفعل إلى عملية الصناعة كلاً من عناصر النظام التقني القديم. لقد كان إ. لوكان Y. Lequin محقاً بقوله إنّنا بصدد تجمّع للمهن، تحتفظ كلّ منها بتنظيمها الخاص. لا بل أكثر من هذا، عندما زادت المكننة من تركّز الشعوب العاملة، مع كلّ المخاطر التي كان البعض ينسبها إليه، ولأنّ التقنية كانت تسمح بذلك، كان يتمّ تشتيت النشاطات. البعض، مثل عدد من صناعيي مولوز Mulhouse في فرنسا، أبقى على الأنوال اليدوية في الأرياف، بينما البعض الآخر، مثل صانعي الحرير الليونيين، نقل مشاغله إلى مقاطعة آن Ain أو إيزير Isère بعد الانتفاضات التي حدثت في ليون سنتي 1832 و 1834، وتوصّلوا إلى توظيف يد عاملة نسائية أرخص وأكثر طاعة. لكن هذا الاختيار لم يكن ليتمّ دون بعض الشروط التقنية. ويبقى الكثير للبحث في هذا المجال، حول تنظيم المؤسّسات الصناعية، حول محاولات التثبيت الجغرافي، حول مشاكل التوظيف، النظام، وكلّ شيء تبعاً لتقنية محدّدة.

بقدر ما تسمح لنا المادّة الوثائقية المتوفّرة بالاستنتاج، يبدو أنّ العصر المطابق للامبراطورية الثانية في فرنسا كان عصراً انتقالياً. فمن جهة كان هناك تزايد في الإنتاج الصناعي وتطوّر ملحوظ في بعض النشاطات مثل المواصلات (سكك الحديد، الملاحة البخارية). ومن جهة أخرى نجد أنفسنا عند مفترق نظامين تقنيين، لم يكتمل الأحدث بينهما إلاّ في العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر.

الحركات التي شهدتها فرنسا ذاك العصر هي ذات دلالة كبيرة. فمجمل الشعب العامل بقي تقريباً مستقرّاً، ومن جهة أخرى كان عمل النساء والأولاد في تراجع واضح،

ويعود هذا إلى تزايد ظاهر للمكننة في الصناعات التي تستعمل اليد العاملة بكثرة. كذلك من المؤكّد أنّ نسبة اليد العاملة المتخصّصة قد زادت أيضاً، بصورة أبطأ صحيح. كلّ هذا يرتبط نوعاً ما بالقسم الأوّل من الثورة الصناعية «الثانية»، ثورة ستّينات ذاك القرن. لقد قفزت مردودات عمّال أعماق المناجم خطوة كبيرة مع إدخال المطرقة الهوائية كما نلاحظ زيادة للمردودات في مجال الصناعة الحديدية.

هناك أيضاً ظاهرتان مهمّتان تجدر الإشارة إليهما، وهما مرتبطتان ببعضهما. لقد نتج عن تركز الصناعات في المصانع إلغاء قسم كبير من العمل المنزلي، خاصّة القروي، الذي نما بشكل خاص في الصناعات النسيجية. إذا كان الغزل قد اجتاح المصانع، فإنّ النسيج بالعكس قد بقي قروياً لفترة طويلة. فجأة قام انتشار الأنوال الآلية بإجراء نفس عملية التحوّل. لقد كان العمل المنزلي عبارة عن دعم مهمّ للمزارعين الصغار الذين لا يمكنهم الاعتماد على أرضهم، وكان إلغاؤه يؤدّي إلى اختلال في توازن الموارد لدرجة فضّل معها بعض هؤلاء العمّال القرويين ترك الأرض. كان هناك عدد لحق بأنواله إلى المصنع، المقام بدوره في وسط نصف ريفي، ما عدا في الشمال. والبعض الآخر ساعد في تكبير حجم البروليتاريا الصناعية.

الظاهرة الثانية هي متوازية تماماً. انطلاقاً من سنة 1850، أدّى اقتصاد الأرياف كذلك إلى نوع من الهجرة، حتّى وإن كانت لا تُحدَّد عبر انتقال صناعي. بالطبع كانت مكننة الزراعة ما تزال في بداياتها؛ من أجل حصاد مساحة آر من القمح، كان يلزم في فرنسا ساعة عمل بالمنجل سنة 1800، خمس عشرة دقيقة سنة 1850 بالمقضب، ودقيقتان سنة 1900 بواسطة المحشّة ـ الرازمة. لقد عرفت الآلية الزراعية في الولايات المتّحدة تطوّراً ملحوظاً وسريعاً، من أولى الحاصدات في السنتين 1833-1834 إلى الحاصدات ـ الرازمات سنة 1880. نشير كذلك إلى محلجة قطن ويتني Whitney، منذ سنة 1793. هنا كانت المشكلة مختلفة بعض الشيء، ففي الواقع كان القطن يعتمد على الرقّ، ومن الواضح أنّ هذه المكننة المندفعة أكثر فأكثر كما الأفكار هي التي أدّت إلى حرب الانشقاق وإلى القضاء على الرقّ والاستعباد. من جهة أخرى سمحت المكننة بإبراز قيمة أراضي القمح الكبيرة في وسط البلاد. كذلك قام التصنيع في الولايات المتّحدة بعد سنة 1865 بخطوات كبيرة إلى الأمام؛ عندئذٍ وُلد بالفعل مجتمع صناعي لم يكن سوى مسودّة بادىء الأمر. إذا اعتمدنا المؤشّر 100 سنة 1929 نحصل، بالنسبة لساعة العمل، على الرقم 27,3 سنة 1869 و 66,1 سنة 1914.

الجانب الثاني من هذه الثورة الصناعية «الثانية» يقع كما رأينا بين العامين 1880 و 1900، فعندئذٍ شهدنا تسارعاً في كلّ هذه الحركات. لقد ذُكر أنّه في منطقة الألزاس كان

ظهور الدرّاجة الهوائية قد سمح للمزارعين الصغار بالذهاب للعمل في المصنع بينما كانت الزوجة والأولاد يديرون المزرعة. ما يزال هذا التوسّع في الطبقة الصناعية عند نهاية القرن التاسع عشر غير معروف تماماً. أمّا الأزمة الكبيرة خلال ثمانينات القرن التاسع عشر، المبكرة في صناعة منطقة ليون (منذ 1876) والمتأخرة في صناعات أخرى (1890-1900 بالنسبة لصناعة القفازات في غرونوبل Grenoble أو صناعة الزركش القيطاني، إذا أردنا أن نأخذ المنطقة الليونية، التي دُرست مؤخّراً)، فقد بدت كأنّها المحرّضة على عالم صناعي وعامل آخر، العالم الذي ما نزال نعيش عليه اليوم جزئياً. ولا يُستبعد أن تكون عمليه تقويم النظام التقني الجديد النهائية قد لعبت دوراً مهمّاً بهذا الصدد، كذلك لا يجب أن ننسى أنّه في ذاك العصر قام مرض الفيلوكسرا بإبادة كروم العنب.

كذلك كان هناك أسباب غير تقنية أدّت، خلال الحرب العالمية الأولى وبعدها، إلى ظهور يد عاملة أجنبية (نذكر الصينيين بالنسبة لفرنسا خلال الحرب، ثمّ الطليان والبولنديين)، يد عاملة غير متخصّصة بشكل عام، إلاّ في مجال المناجم، معدّة لأخذ مكان المواطنين الأصليين الذين ارتفع مستوى ثقافتهم التقنية آنذاك. ولكن نكرّر أنّ التحوّلات التقنية، التي لم تكن يومئذٍ سوى تطوّر النظام التقني الأخير، لم تعد تلعب عندها دوراً محرّكاً.

ومذ ذاك ارتسم، خلال النصف قرن الطويل الممتّد من سنة 1850 إلى سنة 1914، تحرّك آخر أخذ يكبر أثناء تطوّره، وهو صعود القطاع الثالث. بالطبع لا يمكن إلقاء المسؤولية على عاتق التقنية، بالمعنى المحدود للكلمة. المهمّات الإدارية، عامّة كانت أم خاصّة، لم تتوقّف عن التزايد، كما أصبحت إدارة التقدّم الصناعي تتطلّب بالفعل ركيزة «لوجستية» أكبر فأكبر.

لنأخذ مثل طبقة الموظّفين العامّة، فنحصل على الأرقام التالية التي تمثّل عدد الأشخاص لكلّ موظّف:

	فرنسا	الولايات المتّحدة
1839	261	
1870	165	128
1900		68
1914	85	54

إذا أخذنا التوزيع العام للشعب العامل بين مختلف القطاعات، نحصل كذلك على أرقام معبّرة. الأمر هو عبارة عن نسب هذا الشعب العامل في القطاعات الأوّل والثاني والثالث.

		1850	1880	1900	1910	1930	1940
القطاع الأوّل	الولايات المتّحدة	65		38			18
	ألمانيا		43		35		27
	فرنسا	53		42			·37
	بريطانيا	22		9		6	
القطاع الثاني	الولايات المتّحدة	17		27			34
	ألمانيا		37		40		41
	فرنسا	25		31			30
	بريطانيا	48		47		46	
القطاع الثالث	الولايات المتّحدة	18		35			48
	ألمانيا		20		24		32
	فرنسا	22		27			33
	بريطانيا	30		44		48	

يسمح لنا هذا الجدول بقياس التوزيع المهني في بعض البلدان الصناعية الكبيرة. بالطبع تختلف تواريخ الانطلاق تبعاً للبلاد، ونلاحظ تقدّم بريطانيا الأكيد في هذا المجال، فعند نهاية العصر تبقى هي دوماً في المقدّمة بالنسبة للتوزيع المهني الأحدث.

أمّا المهن الأخرى، التي يتعلّق بعضها بالتقنية، فنجهلها تماماً. لا يبدو على مشكلة الموظفين الإداريين، التي تُدرس اليوم بكثرة، أنّها جذبت اهتمام المؤرّخين بصورة جدّية، لكن بعض الفرنسيين قد أشاروا إلى أهميّة التطوّر الصناعي وأهمّية التجديدات التقنية في بعض أجهزة الدولة، لا سيّما هندسة الجسور والطرقات وهندسة المناجم. كذلك يتعيّن تحليل استبدال الطبقات الرأسمالية القديمة بواسطة تقنيين وإمكانية التغيّر المتبادل بين أعضاء أجهزة الدولة التقنية هذه وإدارة المؤسّسات الخاصّة. أمّا استبدال طبقة أرباب العمل الوراثية بما يسمّى بطبقة أرباب العمل المناسبة فكان فقط في أولى أطواره.

بالنسبة للمهن الحرّة فقد خضعت لنفس الابعاد الذي تعرّضت له المهن الأخرى. ولكن هنا أيضاً لم يكن التطوّر التقني عنصراً أساسياً في تطوّر هذه الفئات الاجتماعية. وقد يكون بإمكان بحث متعمق أن يظهر لنا أنّه لم يكن غائباً تماماً.

هناك عنصر جديد لعب دوراً في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر وهو تنظيم العمل. لقد جرت إدارة بحثين بشكل متزامن تقريباً، البحث الأقدم، من حيث مفهومه على الأقلّ، هو بحث الفرنسي هنري فايول Henri Fayol الذي قدّم محتواه في كتاب «الإدارة الصناعية والعامّة» الذي أصبح اليوم طيّ النسيان. وهو يتناول في الواقع إدارة الأعمال، بالمعنى الواسع للكلمة، حيث كلّ شيء، من التقنية إلى المحاسبة، من تشكيل جهاز العمل إلى الطبقية وإلى الترتيب الاجتماعي، يجب أن يكون منظّماً. في الواقع كانت وحدة الإدارة، التنسيق، المراقبة عبارة عن منتوجات نوع من الدكتاتورية الصناعية، مهما حاولت أن تكون مرنة بواسطة اعتبارات اجتماعية وإنسانية. وقد توصّل إلى نظرية عامّة عن المجتمع، انطلاقاً من صورة تنظيمه الصناعي، حيث وحدها الكفاءات تمنح صفة الشرعية لسلطة معيّنة. فوضع جدولاً مدهشاً من التطابق يتجاور فيه في وقت واحد العامل مع الجندي، المؤمن والمواطن ثمّ، في المقام الثاني، المتعهّد، ضابط الصف، الكاهن، المستشار البلدي؛ في مقام أعلى: المهندس، الكاتب الأوّل، المقدّم، الخوري، العمدة؛ وأعلى أيضاً المدير العام، الجنرال، الأسقف، مدير الشرطة، وهكذا دواليك.

لكن ما يهمنا أكثر هو التنظيم العلمي للعمل؛ هل هناك حاجة للقول بأنّ مصمّمه، إن لم يكن مخترعه، هو الأمريكي فريدريك وينسلو تايلور Frederick Winslow Taylor، وهو رجل عصامي كوّن نفسه في المصانع خلال حياته العملية. فأصبح مهندساً جيّداً، لا بل مخترعاً أو نصف مخترع، عبر اهتمامه بتنظيم العمل وذلك ضمن نظام تقني معيّن كانت من جهة قد وصلت فيه الآلات إلى حدّ من الإتقان، ومن جهة أخرى كان باستطاعة عدد كبير من المنتوجات المصنوعة أن تتكيّف مع الطرق الجديدة: الصنع بالجملة، عقلنة طريقة عمل القطع وأشكال تركيب سهلة نسبياً.

يذكر ج. فريدمان G. Friedmann أنّ مبادىء تايلور تشكّل صهارة من الأفكار المتنوّعة ومتفاوتة القمية. لقد أدخل الطريقة الاختبارية إلى حقل الصناعة البشرية التي لم تكن تعرف سوى التجريبية. بدأت الاختبارات على الآلات ـ الأدوات في خريف سنة 1880، ثمّ امتدت تدريجياً إلى جميع الأعمال الصناعية.

أصبح تحليل المهمّات طريقة تطبيقية عامّة بفضل التحديد الدقيق لمفهوم التوقيت الذي يمكن تطبيقه على أيّ نوع من العمليات سامحاً باختيار الحركات بكلّ دقّة وبتحديد المدّة

«الطبيعية» لجميع المهمّات التي تنجز في المحارف والمكاتب. بهذا نتوصّل إلى أن نحدّد لكلّ عمل طريقة مثالية هي الأفضل والأوحد (The one best way)، يتمّ نشرها عبر التعليمات في المصنع وتطال كلّ المؤسّسات التي غزاها «التنظيم العلمي».

كان كلّ شيء يبدأ بدراسة تقنية بحتة، بتحليل ماديّ للعملية المطلوب تنفيذها، ثمّ تأتي في المرحلة الثانية دراسة تحقيق العمل في محارف الإنتاج. بالطبع كان هذا يفترض، بادىء الأمر، استقراراً معيّناً للتقنية، حيث كلّ تغيير يطرأ يؤدّي إلى بحث جديد وإلى تحديدات جديدة. على التطوّر التقني أن يُترجم فوراً في الحياة اليومية للمحارف بفضل التحليل العلمي للأعمال. في الواقع تجزّأت الحركات إلى عدد معيّن من العناصر الأساسية، وهذه هي قاعدة تجزئة المهمّات. أمّا اللحظة الأهمّ في تحليل التحرّكات فهي التوقيت: طريقة فرانك ب. غيلبريت Frank. B. Gilbreth السينمائية التي كان يمكن ترجمتها عبر رسوم تمثيلية، موزّعة زمنياً؛ هكذا كان تقسيم العمليات يتمّ بكلّ وضوح. شروط تطبيق هذه الطرق كانت بديهية: عمل فرق من العمّال تنفّذ مختلف العمليّات المتتالية، روح الانضباط، وإلى حدّ ما التفاني. لقد كان الهدف الذي توخّاه تايلور أخيراً هو التخفيض من بؤس الإنسان؛ انطلق من فرضيات محض تقنية وتوصّل إلى نتيجة أخلاقية عالية. ولم يرفع أياً من الأسئلة التي طرحتها طرقه في ما بعد على عالم العمل بل على مدراء المؤسّسات.

كان الخطر يكمن في احتمال تجميد التقنية إلى حدّ ما، حيث لم يعد يُطلب من الجهاز العامل، مهما كانت رتبته، أيّ مبادرة، أيّ حسّ للإتقان. أصبح كلّ شيء مفروضاً من الخارج، ويمكننا اعتبار الأمر نوعاً من الترويض، أي مسألة ردّ فعل وليس مسألة ابتكار. من جهة أخرى كان يُنزع إلى استبدال العامل ذي الكفاءة بكمّية من العمّال اليدويين المختصّين. لنعط الكلام أيضاً إلى ج. فريدمان:

ألم يكن تايلور نفسه يدرك هذه المسائل الأساسية عندما كان يكرّر على مسمع عمّاله في «الميدفال Midvale»، وهم أولى مواضيع اختباراته، أنّه لا يُطلب منكم أن تفكّروا فهناك أناس آخرون يقبضون من أجل القيام بذلك؟ وهل يعود من مجال للشكّ بوجهات نظره عندما نراه، أمام الشركة الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين، يتباهى بطريقة ترويض تجعل العامل يزيد إنتاجه ليس عبر مبادرته الخاصّة، ولكن بتنفيذه حرفياً «أوامر معيّنة» بأدقّ تفاصيلها؟ نظام دقيق للغاية، ومراقبة حازمة جداً تجعل العامل يزيد تلقائياً من إنتاج عمله حتّى وإن كان غير راض حيث يكون منبهاً من قبل نقابته من أيّ محاولة للتمرّد.

نحن هنا بصدد نقيض فكرة المصنع الذي كان عبارة عن تجمّع للمشاغل الحرفية والذي تكلّمنا عنه أعلاه.

ليس هناك من حاجة للإخاضة طويلاً في الشرح عن نظام تايلور. إنّه نظام ذو طابع تقني، نفسي، اجتماعي وأيضاً سياسي وأخلاقي: تجزئة المهمّات، عزل العامل، تعليمه أقلّ قدر من الحركات والمعلومات الضرورية للعملية الجزئية المتوجّبة عليه، إجباره على إيقاع عمل أسرع ما يمكن، وكلّ هذا بواسطة نظام توزيع لقطع يجب تجميعها أو لمواد يجب شغلها يتطابق أفضل ما يمكن مع معايير العمل. فوق كلّ شيء، جهاز من الضابطين ومن مختلف أنواع المراقبين. كلّ هذه الأمور أدّت إلى نظام العمل المتسلسل، الذي ظهر بادىء الأمر في مصانع السيّارات وتوسّع تحت تأثير احتياجات الحرب العالمية الأولى. في الواقع أدخلت السلسلة لدى فورد Ford، من أجل النموذج T14، سنة 1913، وتوطّدت سنة 1924. ولم يكن الأمر ممكناً دون مكننة متقدّمة سواء بالنسبة للآلات ـ الأدوات نفسها أو بالنسبة لسياقات التوزيع. من جهة أخرى كان من الضروري تصوّر طريقة إنتاج غزير تتميّز جميع عناصره بوحدة النمط. كان نظام العمل المتسلسل والتايلورية يقومان بالكامل على نظام تقني محدّد جدّاً:

أ . انشطار عملية معقّدة وكفوءة إلى أجزاء نموذجية وغير كفوءة؛

ب . تزامن دفق المواد الأوّلية، أو المنتوجات نصف المنجزة، مع حركات العامل؛

ج . إمكانية التبادل بين القطع.

كانت الميزة الأخرى لهذه الطريقة تكمن في التأهيل السريع للعمّال الذين سمّيوا في ما بعد بالعمّال الأخصائيين، بطريقة ساخرة نوعاً ما. التخصّص لدى الطبيب هو التقنية الأكثر تقدّماً، بينما لدى العامل هو التقنية الأكثر نموذجية، الأصغر. يتوضّح لنا الأمر عبر الجدول الإحصائي التالي الذي يتناول مدّة تأهيل العمّال لدى شركة فورد، سنة 1946، بالنسبة المئوية من مجموع الشعب العامل:

يوم واحد على الأكثر	43%
من يوم إلى ثمانية أيّام	36%
من أسبوع إلى أسبوعين	6%
من شهر إلى سنة واحدة	14%
حتّى ستّ سنوات	1%

إذن ما يقارب 80% من العمّال كانوا يتلقّون تدريباً لا تتعدّى مدّته ثمانية أيّام. هذا ما يتطابق تماماً مع تصوّر صانع سيّارات إنكليزي، نقله لنا ج. فريدمان «إنّنا نحاول أن نختزل المهارة إلى مستواها الأقصى». هكذا وصلنا إلى تقهقر كلّي للتدرّج المهني، تقرباً إلى

اختفاء كامل لهذا التدرّج. خلال نصف قرن من الزمن انتقلنا بالفعل من عالم عامل إلى عالم آخر يختلف كلّياً.

كثيراً ما أبرز مجال صناعة السيارات، الذي كان بالتأكيد الميدان المثالي لنظام العمل المتسلسل، على الأقلّ في بداياته. لكنّ صناعة الساعات أيضاً تقدّم لنا أمثلة جيّدة كما نجد صوراً كاملة عنه في مجال الصناعة النسيجية لا سيّما في إعداد الألبسة الجاهزة. في إحدى شركات ميدلاندس Midlands في إنكلترا كانت صناعة الصديرات تتمّ عبر خمسة وستين مركز عمل. وفي مصنع هولندي كانت صناعة البذلة الواحدة تتطلّب عمل أربعين مركزاً سنة 1932 أصبحت بعد ذلك بسنوات خمسة وأربعين، مع اختزال من وقت الصناعة الإجمالي.

كلّ شيء قيل بالنسبة لنظام العمل المتسلسل. لقد أُشيد بمزاياه التقنية والاقتصادية، من حيث إنّ تجزئة المهمّات كانت بشكل خاص تلغي الكفاءات وتخفض بهذا من مستوى الرواتب ـ لا سيّما في صناعات اليد العاملة ـ محدثة بهذا درجة مقاومة أقلّ لدى الطبقة العاملة. من جهة أخرى كان علماء الاجتماع وأخصّائيو علم النفس التقني ينبذون سلبيّة نتائج تكرار الحركات ورتابة، عمل دوماً غير منته. وقد كتبت مجلّدات حول الموضوع.

لقد أشار عالم الاجتماع الفرنسي إلى الفروقات الأساسية مع طرق تنظيم العمل القديمة. فهو يعتمد على حركية عناصر المهمّة، التي تمرّ أمام العامل، بينما في كلّ أشكال العمل التي عرفت قبل ذاك الحين كانت هذه العناصر جامدة وكان العامل هو الذي يدور حول عمله كما أنّه تجدر ملاحظة وجود أنواع مختلفة من سلاسل العمل. ولا شكّ في أنّ الفوائد التقنية كانت كبيرة، لا سيّما من حيث إحلال النظام في المعمل. أراد البعض أن يرى في هذا مرحلة مهمّة من مراحل تقسيم العمل، السيّئة الوحيدة كانت بالنسبة له التراجع المتوازي في الكفاءات المهنية.

لنُعِد قراءة ج. فريدمان: «إنّ نظام العمل المتسلسل لا يستحقّ الإفراط في المديح ولا الإهانة، لا التمجيد الساذج من قبل بعض مناصري التقنية ولا الذمّ المؤثّر من قبل بعض الأدباء. إنّه مرحلة أساسية في تاريخ الصناعة المعاصر، حيث ما نزال موجودين [الكلام سنة 1963]، مرحلة بالكاد يلوح تخطّيها في الأفق. من الصعب طبعاً، ولكن ليس من المستحيل، أن نضفي عليه منذ الآن طابعاً إنسانياً».

في الواقع من الصعب جدّاً تكوين فكرة دقيقة حول المجتمع التقني خلال السنوات 1900-1940؛ كانت المعالجات عديدة ولكن لم تكن أيّ منها مرضية فعلاً. ومن يتكلّم اليوم عن الموضوع لا شكّ بأنّه يشعر بهذا المجتمع بعيداً جدّاً، إلاّ أنّ هناك أوضاعاً، هناك علامات بين المجموعات الاجتماعية استمرّت وبدت أزليّة.

لم يتأمّل المؤرّخ بعد في العلاقات بين النظام التقني والنظام الاجتماعي، حتّى وإن كان أحدهما يحتفظ بنوع من الحرّية، يجدر قياسها، تجاه النظام الآخر. عندما يكتب أحد علماء الاجتماع: لقد فرضت مكنة البخار قسماً كبيراً من منطقها على الصناعة وبهذا على المجتمع بأكمله، يجب أن نكتشف ما يكمن وراء موقفه. يبدو أنّ هناك فارقاً بين الواقع الاجتماعي والإيديولوجيات الاجتماعية، ويمكننا ضمن هذه الرؤية أن نقول إنّ التعقّلية هي التي تؤدّي إلى رمي التقنيات خارجاً. مع هذا لا يمكن إنكار تأثير العالم المادّي، مأخوذاً بمجمله، على فكرة الانتماء إلى فئة اجتماعية معيّنة. فكلّ شيء يبدو قائماً على أساس عدد معيّن من الأغراض التقنية يحدّد امتلاكها الطبقة الاجتماعية: السيّارة، سفينة النزهة، التدفئة المركزية، المصعد، غرفة الحمّام، الماء الجارية. وقد تكون الضرائب أحياناً عبارة عن مقاييس جيّدة. متى خضعت التقنية دفعة واحدة لتطوّرات كبيرة وسمحت بالوصول إلى هذه الممتلكات، يصبح علينا فجأة أن نعيد النظر في طبقية القيم. مثلاً لم يعد امتلاك السيّارة أو المياه الجارية إشارة إلى طبقة اجتماعية معيّنة. عندئذٍ يكبر مجال الالتباس. هل يمكن التسليم بأنّ صفّ البكالوريا، أو ما بقي منه، إشارة ظاهرة على الثراء؟ كلّ مجتمع تجتاحه التقنيات يبحث حتماً عن ملاذ له من أجل أن ينظّم نفسه ضمن إطار عدد معيّن من القيم غير المادّية. وكان هذا الأمر شأنه دائماً: ما نزال نذكر بالطبع المجتمعات الفاضلة لدى أرسطو أو أفلاطون.

المجتمعات التقنية الحالية

لقد حقّق البحث في هذا المجال تطوّرات مهمّة، وتضاعفت الدراسات. ولا شكّ في أنّنا ما نزال نفتقر إلى لمحة عامّة تربط النظام التقني والنظام الاجتماعي، مع احتفاظ كلّ منهما بما يميّزه، باستقلاليته النسبية، وأهمّية العلاقات التي تربط النظام الاجتماعي بالأنظمة الأخرى، لا سيّما الإيديولوجي والسياسي. إذا كان التطوّر التقني قد عدّل في نمط الحياة في العمق، وعلى أكثر من صعيد، فلا يمكن أن ننكر أنّ التنظيم الاجتماعي يتعلّق بعدد كبير من العوامل البعيدة أو القريبة من التقنية.

مع هذا يبدو واضحاً أنّ تطوّر التقنيات أحدث تحوّلات اجتماعية نلتقيها في البلدان الاشتراكية كما في البلدان المسمّاة رأسمالية. الفوارق تكمن فقط على مستوى التحسينات التقنية والتصنيع. إنّ مجتمعات البلدان المتقدّمة هي متشابهة بالنهاية مهما كانت الإيديولوجيا التي تعتمدها. أمّا مجتمعات بلدان العالم الثالث فمختلفة تماماً.

إذن لن نركّز خلال بحثنا إلاّ على بعض من جوانب هذا التنظيم الاجتماعي.

التوزيع الاجتماعي ـ المهني

إنّه بالطبع الناحية الأبرز من انعكاسات التطوّر التقني، وكانت بعض النزعات بدأت بالظهور منذ فترة ما قبل الحرب العالمية الثانية: إلاّ أنّها تسارعت بشكل ملحوظ بعد الحرب. بالإجمال، نشير إلى تراجع سريع نوعاً ما في القطاع الأوّل، استقرار في القطاع الثاني وانفجار في القطاع الثالث الذي وصل إلى المركز الأوّل واحتلّه.

مؤشّرات الإنتاجية هي بالطبع دليل على مختلف الحركات التي يمكن ملاحظتها. في فرنسا، كان مؤشّر المردود الفردي في الزراعة (القاعدة 100 خلال السنوات 1935-1939) يبلغ 100 بعد الحرب، سنة 1949، و 180 بالنسبة للفترة 1958-1961. بالنسبة للصناعات في الولايات المتّحدة، مع قاعدة 100 سنة 1929، كان المؤشّر سنة 1960 يبلغ 235 لكلّ ساعة-عمل. إذن كانت الظواهر التقنية تؤدّي إلى تحوّلات في بنيات الشعب العامل، وذلك مع تسارع ثابت، على الأقلّ في فترات الازدهار.

النسبة المئوية للشعب العامل في الولايات المتّحدة

	1940	1964 - 1960
القطاع الأوّل....	14	8
القطاع الثاني....	31	32
القطاع الثالث....	55	60

أيضاً في الولايات المتّحدة، بين السنتين 1953 و 1963، انخفض عدد عمّال الاستخراج من المناجم بنسبة 25,6%، عمّال الزراعة بنسبة 24,7%، وعمّال صناعات التحويل بنسبة 1,4%. وإذا علمنا أنّ مستوى الإنتاج قد ارتفع بصورة ملحوظة، ندرك من خلال هذه الأرقام البسيطة مدى التأثير الهائل للتحوّلات التقنية.

بالطبع لم يجر كلّ هذا دون بعض التوتّرات، التي تتجلّى في أيّامنا هذه أكثر منها في القرن التاسع عشر حيث كانت التحوّلات، في المجتمع، على القدر نفسه من الحدة والعمق، ولكن دون أن تأخذ المظاهر الناتجة عنها الحجم الذي تأخذه اليوم. وبالنهاية تتأثّر الشعوب بالتحوّلات الاجتماعية التي تطالها مباشرة، أكثر من التحوّلات التقنية التي تملك بصددها معلومات غير واضحة، لا بل مخطئة معظم الأحيان. كذلك نعرف كم أنّ ما يُسمّى بالتوجيه، مهنياً كان أم مدرسياً أم جامعياً، يظهر عاجزاً تماماً، في معظم الحالات، عن السيطرة على وضع تصطدم به ردود فعل إجتماعية قديمة. كلّما كان المجتمع متجمّداً كلّما ازداد حلّ المشاكل صعوبة: تقدّم لنا فرنسا مثلاً واضحاً. عندما يقترح وزير الجامعات

الفرنسي إقامة مؤسّسة تُعنى بتنسيق الجهود من أجل التعليم التقني العالي، لم يكن القرار ينتج عن المسؤولين الكبار. إنّ التقليل من قدر التقنية لهو أمر صارخ.

إذن انفجار القطاع الثالث هو الحدث الكبير الجديد، وذلك لدرجة أمكن معها طرح السؤال ما إذا كان التزايد السريع للكلفة العامّة في مجال الخدمات هو المسؤول عن ارتفاع الأسعار وبالتالي عن التضخّم المنتشر الذي نلاحظه في البلدان المتقدّمة صناعياً. إنّ ولادة نشاطات جديدة (نذكر مثلاً تشغيل الكومبيوتر، المرتبط جزئياً بالتطوّر التقني)، انتفاخ الفروع التقليدية، وامتداد القطاعات الثالثة نحو مجالات غير مكتشفة بعد، هي أمور تفسّر ولا شكّ هذه الانطلاقة. نشير إلى أنّ التقنيات الحديثة تتطلّب «ركيزة لوجستية» أكبر وأنّ عدم الكفاية التقنية، ربّما مؤقّتاً، في القطاع الثالث يتطلّب توسيع جهاز العمل أكثر فأكثر وكذلك كلفة مرتفعة أكثر فأكثر في أسعار الخدمات. في فرنسا، هذا التزايد في الخدمات هو مرتفع نصف مرّة أكثر من مجموع كلفة المعيشة. تشير بعض الإحصاءات إلى أنّ الخدمات قد تكون مسؤولة عن 30 إلى 50% من ارتفاع أسعار المفرّق. أمّا إذا أردنا الكلام عن الإنتاج الوطني، عندئذٍ تتغيّر مسؤولية الخدمات في الارتفاع العام، تبعاً للبلدان، من 55 إلى 75%. إذن تميل الخدمات، بقدر لا يُستهان به، إلى زيادة سرعة التضخّم.

حسب إحصائيات 1969 نصل إلى أرقام الجدول التالي وهي النسب المئوية للقطاع الثالث بالنسبة للشعب وبالنسبة للإنتاج الوطني.

لا تخلو هذه الأرقام من طرح المشاكل في ما يتعلّق بالتحليل الذي أجريناه أعلاه. مثلاً هناك تضخّم كبير في إيطاليا حيث يعمل قسم ضئيل نسبياً من الشعب في القطاع الثالث. كقاعدة عامّة، لا تتناسق هذه الأرقام كما ينبغي مع معدّلات التضخّم الملحوظة في مختلف البلدان المعنية.

	الشعب العامل	الإنتاج الوطني
الولايات المتّحدة...	57,0	61,0
السويد	49,9	52,2
بريطانيا	48,5	52,2
بلجيكا	47,6	54,7
اليابان	45,6	48,5
فرنسا	42,4	54,6
ألمانيا	40,3	43,3
إيطاليا	33,4	49,9

هناك مشكلتان كبيرتان يلتقي بهما من يريد القيام بتحليل المجتمع التقني الحديث. الأولى هي ذات طبيعة ساكنة وعلينا أثناء النظر فيها أن نطوف في مختلف المجموعات الاجتماعية. والثانية ذات طبيعة ديناميكية وتتعلّق بالحركية الاجتماعية.

لقد كُرّس عدد قليل من الأبحاث لأجل العالم الزراعي المعاصر. في الواقع تختلف الأوضاع للغاية من بلد لآخر، لا بل من منطقة إلى أخرى. إلاّ أنّ هناك أمراً تجدر الإشارة إليه، على الأقلّ في مناطق الإنتاج الكبيرة: لا وجود لحالات وسيطة بين الاستثمار الزراعي الصغير والاستثمار الكبير الممكنن. دليلنا على ذلك هو الولايات المتّحدة وكذلك الهضبة الواقعة بين نهري المارن Marne والواز Oise شرقي باريس. من جهة أخرى جرى التطوّر في هذا المجال بصورة بطيئة. لا شكّ في أنّ تقدّم الآلية الزراعية يعود إلى عهد قديم، لكنّه أخذ في بعض البلدان سرعة ملحوظة منذ نهاية الحرب الثانية. في فرنسا مثلاً كان هناك عشية الحرب العالمية الثانية، سنة 1939، 35000 جرّار زراعي ووصل هذا العدد إلى 1110000 سنة 1966. أمّا المزرعة فقد أصبحت كما قيل مصنعاً حقيقياً، وكلّ شيء حولها تغيّر بالضرورة، المجتمع كما المشاهد.

«الطبقة العاملة» بالعكس فقد حظيت بدرجة كبيرة من اهتمام علماء الاجتماع، لا سيّما نظراً لتغيّرها العميق في البلدان الأكثر تقدّماً من الناحية التقنية. وتثبت لنا ذلك قراءة بعض عناوين الكتب التي وضعت: «نهاية العمّال المتخصّصين»، «الطبقة العاملة الجديدة»، الخ. بالطبع كانت التطوّرات مختلفة حسب القطاعات. إنّ تطوّر الآلة ـ الأداة، وتقدّم الآلية والتآلي، ولو بصورة أبطأ، غيّرا تدريجياً في البنيات المهنية. لكن بعض علماء الاجتماع يعارضون أيّ محاولة «للإيجاد في التطوّر التقني التفسير الأخير ومغزى جميع الأمور، وتحويل تاريخ الصناعة الاجتماعي إلى تاريخ الآلات الطبيعي». حسب رأينا فإنّنا نرى مبالغة في كلّ تفسير يريد أن يغضّ النظر كلّياً عن التطوّر التقني. كان أ. توران A. Touraine محقّاً بتقديره أنّ المشكلة الحقيقية تكمن في معرفة «إلى أيّ مدى، في كل مرحلة من التطور، يحدّد الواقع التقني للعمل واقعه المهني». وقد وضع علماء الاجتماع من أ. توران إلى ب. موتّيه B. Mottez، الذي نقل أفكار الأوّل، مخطّطاً لهذا التطوّر للعمل وللمجتمع.

I ـ المرحلة أ أو النظام المهني للعمل. تتطابق هذه المرحلة مع عهد الآلة العامّة. كما تتناول، رغم أنّ الأمر يتعلّق بالآلات، بدايات الصناعة حسب ماركس. وهي تقوم على استقلالية العامل، أي أنها توافق بالضبط حالة المحترفات التي كان تايلور Taylor يلتقي بها قبل أن عمد إلى تنهيجها. أمّا التكهّن بشروط الإنتاج فكان ضعيفاً؛ كان الشريك، برفقة معاونيه، يقرّر بنفسه اختيار الأدوات والحركات. يمكننا هنا بالكاد

التكلّم عن مؤسّسة بالمعنى الذي نفهمها به اليوم. لقد كنّا في الواقع بصدد تعايش عالمين: عالم العمل، أي عالم الإنتاج، وعالم المال، أي عالم الإدارة.

II ـ المرحلة ب. تطابق عهد الآلات المتخصّصة. فهذه الآلات، بحكم تخصصها بعدد صغير من العمليات لا بل بعملية واحدة، استبعدت عمليّات الضبط الطويلة وكان بالإمكان تشغيلها دون توقّف. إنّها صناعة الجملة، الإنتاج الوفير، وقد تبلورت هذه المرحلة في صورة نعرفها هي نظام العمل المتسلسل.

III ـ المرحلة ج أو النظام التقني للعمل. وهي تطابق عهد الآلات الخاصّة، أي هذه الآلات المركّبة التي تقوم بسلسلة طويلة من العمليات والتي تمثّل الآلة المنقّلة صورة كاملة عنها. هنا الجهاز التقني مستقلّ عن العمّال الذين يديرونه، حيث لم يعد هؤلاء العمّال ملتزمين بعملية الإنتاج نفسها، بل في مهمّات المراقبة، الفحص والصيانة.

إنّ كلّ مرحلة تتوافق مع بنية معيّنة لعالم العمّال. تتضمّن المرحلة أ نسبة عالية من أصحاب الكفاءة الذين يتأهّلون عبر التدرّب، عبر تدرّب قد يطول ويصل حتّى سنوات عديدة. المرحلة ب ميّزها توسّع كبير في طبقة من نسمّيهم العمّال المتخصّصين، وهم عمّال يتمّ تأهيلهم بسرعة من أجل مهمّة محدّدة جدّاً. أمّا المرحلة ج فهي تلك التي بدأناها منذ نهاية الحرب العالمية الثانية: لقد لفت الكثير من المؤلّفين إلى «نهاية العمّال المتخصّصين» وكثر عندئذٍ عدد من أطلقنا عليهم اسم التقنيين الفنّيين الذين يُكلّفون بالتحديد بمراقبة وصيانة الآلات.

بالطبع يختلف التطوّر تبعاً للقطاعات التقنية. هناك أرقام من سنة 1964، في فرنسا، تظهر التفاوتات بين القطاعات بهذا الصدد (النسبة المئوية للعمّال المستخدمين في كلّ قطاع).

	أصحاب الكفاءة	العمّال المتخصّصون	العمّال اليدويون	أقلّ من 18 سنة
البترول	74,5	18,5	6,9	0,1
الصناعة الآلية	40,3	46,5	7,9	5,3
الجلود	22,1	33,4	35,9	8,6
الخشب	21,0	36,7	28,5	13,8

الأرقام التي ذكرها أ. توران بالنسبة لصناعة العلب التفاضلية في مصانع رينو Renault للسيّارات قد تساعدنا في تمييز الفاصل. هذه الأرقام هي أيضاً عبارة عن النسب المئوية للعمّال المستخدمين في هذه الصناعة.

	العمّال المحترفون	العمّال اليدويّون والمتخصّصون
1925	46,3	53,7
1955	32,4	67,6

إذن خلال خمسينات القرن العشرين، مع تطوّر التألّي، انعكست الآية أو على الأقلّ بدأت بالانعكاس. ألا نجد ذا مغزى كون إحدى المجلاّت افتتحت سنة 1958 نقاشاً حول «الطبقة العاملة الجديدة»؟

نستخلص العديد من النتائج من هذا التطوّر. النتيجة الأولى بديهية وتتعلّق بالتألّي الذي يقتصد من اليد العاملة، أي اليد العاملة اليدوية. عندئذٍ من الضروري حدوث أنواع مختلفة من التنقّلات، بين درجات الكفاءة، بين القطاعات الصناعية. ولكن نجد أيضاً ميلاً كان قد برز بشدّة خلال القرن التاسع عشر، وهو تأنيث العمّال المتخصّصين. تقول الإحصاءات الفرنسية إنّ 52% من العمّال المتخصّصين اليوم هم من النساء.

النتيجة الثانية ترتبط بالأولى، ونذكر بهذا الشأن تقريراً لمنظّمة الأمم المتّحدة:

تجاه إلزامات التقنية الحديثة أصبحت النزعة العامة اليوم الطلب من العمّال أن يتمتّعوا بثقافة أساسية أوسع، تعدّهم بصورة أفضل لاكتساب الكفاءة الإضافية بالنسبة لبعض الأعمال وأيضاً للانتقال من عمل إلى آخر في حال ألغت التقنيات الحديثة فائدة الكفاءات التي يملكونها. إنّ التقليل من إعارة الاهتمام للتأهيل المتخصّص يسهّل التأهيل متعدّد الكفاءة الذي يسمح لنفس العامل بالقيام بمهمّات كان ينجزها قبله أخصّائيان أو أكثر.

إنّ خطر تخصّص متقدّم جدّاً يتعلّق في الواقع باختفاء بعض الكفاءات، ومن جهة أخرى ببطلان مفاجىء للمعلومات في فترة تطوّر تقني سريع.

في الواقع التكهّن، حتّى على المدى القصير، هو أمر يصعب القيام به. تلعب التقنية دوراً مهمّاً في تطوّر العالم العامل، لكنّها ليست العنصر الوحيد. وتتفاوت الآراء حول هذا التطوّر، والسبب يعود إلى مدى صحّة الأرقام التي تُقدّم. لقد أظهر مؤخّراً أحد الباحثين أنّه في فرنسا كانت نسبة أصحاب الكفاءة سنة 1954 التي تصل إلى 50% من العمّال أو تتجاوزها ملحوظة في سبعة فروع صناعية:

الألبسة 84,8

الصناعة المتعّددة 75,9

صناعة الجلود 72,8

الميكانيك العام 60,5

البناء 55,2

صناعة الورق والكرتون 54,4

الأخشاب ـ الأثاث 50,3

سنة 1968، لم يعد هناك سوى فرعين يتجاوز عدد أصحاب الكفاءات فيهما 50%: صناعة الألبسة (67%) والصناعة المتعدّدة (60,5%).

إنّ المثل الجزئي لا يعطي بالطبع صورة حقيقية. نشير من جهة أخرى أنّ الإحصاءات تُظهر «عمّالاً متخصّصين، أصحاب كفاءة» قدّروا بنسبة 10% في مجال الميكانيك، 25% في مصانع الحديد واللحام، 48% في الصناعة الغذائية، 87% بالنسبة للدهانين الصناعيين، وحتّى 97% في صناعة الأقمشة. لا شكّ في أنّ عالم الاجتماع يضيع في هذا العالم من التسميات والأرقام. بالنسبة لرئيس الشركة الألمانية الكبيرة سيمنز Siemens، فهو يعتبر أنّ في مصنعه ليس هناك سوى «متعاونين».

لا يمكن الإنكار أنّ الطبقة العاملة ـ ألم يكن برودون Proudhon يحكي عن «الطبقات العاملة» ـ هي اليوم في أوج التحوّل، هذا التحوّل الذي لا يعود إلى الثورة التقنية وحسب بل أيضاً إلى تنظيم العمل. إنّ ظهور الآلة المنقّلة، إذا أردنا الاقتصار على مثل واحد، واختفاء نظام العمل المتسلسل هما على نفس القدر من الأهمّية. لقد تكوّن المجتمع العامل خلال القرن التاسع عشر، مع الثورة الصناعية التي حدثت في نهاية القرن الثامن عشر؛ تغيّر مّرة أولى مع الثورة الصناعية الثانية في نهاية القرن التاسع عشر، وعليه أن يتغيّر أيضاً مع الثورة الصناعية التي نعيشها. إنّ مخطّط توران يبدو صحيحاً تماماً.

يغطّي القطاع الثالث فئات مهنية متنوّعة جدّاً. ليس هناك وحدة من حيث الكفاءة والتخصّص، أو من حيث المدخول، أو من حيث نمط الحياة. إنّ الموظّف الأكبر في مصنع للحديد، الذي ينتمي إلى القطاع الثاني، يقترب من عضو التعليم العالي الذي ينتمي إلى القطاع الثالث. كما أنّ الضاربة على الآلة الكاتبة تقترب من عدّة نواح من العامل صاحب الكفاءة. كان الكلام بدأ يخفّ شيئاً فشيئاً عن الطبقات الوسطى التي اشتهرت في فترة ما بين الحربين، لدرجة أنّ السلطات البلجيكية أنشأت وزارة خاصّة بها. اليوم نتكلّم عن الفئات، ومرّة جديدة لن نعطي هنا سوى بعض الأمثلة بفضل أعمال متفاوتة الحداثة.

لقد اهتّم م. كروزييه M. Crozier «بالمجتمع البيروقراطي» وعالم الموظّفين، بكلّ الذين يعمّرون هذا التزايد الإداري المفرط، إن في القطاع العام أو في القطاع الخاص (أيّ منهما لا يملك ما يحسده عليه الآخر). لا شكّ في أنّ انتفاخ الأعداد ناتج عن انتفاخ

انمهمّات، ولكن أيضاً عن بطء تطوّر التقنيات الإدارية. يمكن لكلّ منّا أن يلاحظ يومياً مدى ثقل الآلة الإدارية، عدد الأوراق التي يجب ملؤها والإجابة عنها، غزارة البريد، كلّ هذه الاقتحامات الوحشية لتقنية بالكاد تتحرّك من مكانها. والظاهر أنّ كلّ أبعاد هذا العالم الإداري آخذة في الازدياد: المثل النموذجي نجده عبر المعلوماتية. يذكر ش. ر. ميلز C. W. Mills أنّه في الولايات المتّحدة سنة 1870 كان هناك سبعمائة وخمسون ألف شخص موظّف من الطبقة الوسطى، سنة 1940 كانوا أكثر من اثني عشر مليوناً. ويقول إنّ هذا التطوّر اتبّع منحنى منتظماً نوعاً ما.

المستخدمون الذين تتألّف منهم الفئة الوسطى الجديدة لا يشكّلون طبقة متراصّة ومترابطة. لم يظهروا على نفس المستوى الأفقي بل توزّعوا في وقت واحد في مختلف مستويات المجتمع. وهم اليوم يشكّلون بالإجمال هرماً جديداً داخل الهرم الاجتماعي القديم، أكثر منه طبقة أفقية. إننّا نجد القسم الأكبر من الطبقة الوسطى الجديدة يتألّف من أصحاب الدخل المحدود، ولكن مهما كانت الطريقة المتبّعة في تقييم الرتبة الاجتماعيه نجد الموظّفين في كلّ درجات السلّم، باستثناء الدرجتين العليا والسفلى.

نقدّم رقماً أخيراً، من الولايات المتّحدة أيضاً: بين العامين 1870 و 1940 صعدت نسبة الموظّفين في الفئة الوسطى للمداخيل من 15 إلى 56 %، في حين أنّ نسبة الطبقة الوسطى القديمة هبطت من 85 إلى 44%.

والتحوّل ليس فقط عبارة عن أرقام، إنّه «المرور من الملكية إلى غير الملكية؛ أي من وجهة النظر الإيجابية، المرور من بنية اجتماعية تقوم على الملكية إلى بنية تتمحور حول الوظيفة». سنة 1918، عندما توفّي والد جدّ كاتب هذه السطور، كان قد عاش طيلة حياته من مدخول أراضيه حتّى دون أن يعمل شخصياً. اليوم كلّ أعقابه، تقريباً، يعملون «كموظّفين»: على أيّ حال لم يعد هناك أيّ قطعة أرض بين أيديهم. بالطبع من الخطأ أن ندّعي أنّ التحوّلات التقنية هي وحدها المسؤولة عن هذا التطوّر، فهناك العديد من العوامل التي تلعب دورها، ولأنّ هذه الأرض السلفية لم تختف، يتعيّن أن نحلّل ما آلت إليه على التوالي: من هم المالكون الجدد؟ يستحقّ البحث أن نجريه. لم يكن بلزاك Balzac قد قام بأكثر من الإلماح جزئياً إلى التطوّر الحاصل في حالات كهذه.

كان يجدر بالعلاقة بين الملكيّة والوظيفة أن تكون موضع دراسات جدّية ما نزال بانتظارها. وما يزال قسم لا يستهان به من الملكية العقارية ينتمي إلى غير المستثمرين، كما لوحظ من جهة أخرى أنّ هؤلاء هم بشكل عام من يدخل التطوّر التقني إلى الميدان الزراعي. لا شكّ في أنّ هذه الظاهرة التي كانت بارزة خلال القرن الثامن عشر قد خفّت اليوم، لكن هذه الملكيّة، خاصّة في حال لم تكن مربحة، في حال لم تكن سوى عبارة عن ترف، لا

يمكن الإبقاء عليها على مدى الأجيال إلاّ عبر اعتماد متواصل للوظيفة. وإذا كانت الوظيفة ميراثاً ينتقل دون صعوبات كثيرة، فإنّ الميراث العقاري، ضمن ظروف ديموغرافية معقولة، يمكن تأمينه وإن كان لقاء بعض التضحيات.

ما لا يظهر لنا بوضوح دائم هو أنّ الوظيفة، أقلّه في مستوى معيّن، هي عبارة عن دخل وبهذا قادرة على الانتقال سواء كان في القطاع العام أو القطاع الخاص. لقد وضع عمل شهير حول الولاة الفرنسيين في القسم الأوّل من القرن التاسع عشر وكان يركز على الرأي القائل بأنّ الوراثة هي أمر مناسب في حالة كهذه: عندما نعيش وسط بيئة معيّنة، فإنّنا نتشبّع منها، من تقنيتها ومن مجموعة المعلومات الضرورية لممارسة المهنة.

قد نكون بحاجة إلى إحصائيات حول الوراثة في مجال بعض الوظائف، مهما كانت الكيفيات. والكيفية تعني مجرّد نقل بسيط للوظيفة التي نملكها، أو تحضيراً بطيئاً يفضي إلى نوع من الانتخاب (أي امتحانات ومسابقات). يمكننا هكذا أن نذكر بعض المهن الحرّة، مثل الأطبّاء، المحامين، وبعض الوظائف العامّة مثل الوظيفة العسكرية، وظيفة التعليم، إذا أردنا الاقتصار على القليل من الأمثلة.

إلاّ أنّنا حتّى خارج الحالات الخاصّة مثل الثورات، التي تُبعد من الوظائف عدداً كبيراً من الأشخاص ـ ليس الجميع بشكل عام كي لا يحدث فصل في الاستمرارية ـ، نلتقي بالتصدّعات. وهذه التصدّعات هي بالضبط تلك التي تتطابق مع تحوّل الأنظمة التقنية. عندئذ يمكن النظر في حالتين: إمّا أن نكون بصدد تقنيات جديدة كلّياً، مثل السيارة في التسعينات من القرن الفائت، مثل الطاقة الذرّية في عهد أقرب، وفي هذه الحالة نشهد استبدالاً للفئات الموجّهة السابقة، أو تكيّفاً، أصبح نادراً أكثر فأكثر، لا يتعلّق سوى ببعض الكيانات المنفردة؛ إمّا بصدد تحوّل في التقنيات القديمة وفي هذه الحالة يسهل تكيّف الأوساط القديمة نوعاً ما.

بالنهاية تنزع التقنية المستقرّة، أو التقنية بطيئة التطوّر، إلى الإبقاء على بنية اجتماعية محدّدة. لقد كانت هذه حالة الزراعة لفترة طويلة، وما تزال اليوم حالة بعض الصناعات الخاصّة جدّاً. ما أن يتمّ التعديل في تقنية معيّنة حتّى تقوم البنيات الاجتماعية، أحياناً مع بعض التأخّر، بالتطوّر هي أيضاً. ويمكننا القول إنّها تنزع إلى التغيّر بشكل أعمق في ما جرت العادة على تسميته بالطبقات العليا، لا سيّما في البلدان التي تتعلّق فيها ظروف الوصول إلى الوظائف بعدد من الشروط التي لا تمت بصلة إلى الوراثة.

في هذا المجال يصعب بشكل خاص الإمساك بالخيط الرابط بين التقنية والميدان الاجتماعي. إنّ الأوضاع المكتسبة، خارج نطاق امتلاك الثروات المادّية التي أصبحت

لأسباب مختلفة هشّة أكثر فأكثر، يمكن دوماً أن تُطرح ثانية للبحث بسبب التطوّر التقني. إنّ بطلان فائدة المعلومات في بعض القطاعات الصناعية يلغي إمكانية ضمانة أيّ شيء لبعض الفئات الاجتماعية. اليوم لم يعد يُحكى في بعض الأوساط إلاّ عن إعادة التأهيل، عن التدريب المتواصل، وهما أمران يتوجّهان بشكل خاص إلى أشخاص «من رتبة معيّنة». بعبارة أخرى، يتعلّق الموضع الاجتماعي بشدّة بالجدارة التقنية؛ المعرفة والوضع الاجتماعي أمران يرتبطان ببعضهما ارتباطاً وثيقاً.

يصعب علينا القول أكثر من هذا. المقاومة الاجتماعية قوية للغاية وكلّ تحوّل تقني يظهر نوعاً ما على شكل اعتداء. وأكثر ما تتجلّى ردّة الفعل هذه في المهن الحرّة لأنّها ربّما الأبعد عن التقنية البحتة. الرفض كثير حتّى وإن كنّا نستفيد من بعض جوانب التطوّر التقني؛ قد نستقلّ السيارة بسهولة ونذهب إلى مظاهرة ضدّ مفاعل ذرّي ونفرح في الوقت، نفسه إذا قُبل ابننا في مدرسة البوليتكنيك أو في المفاعل. ضمن هذا المحيط يمكننا أن نقيس بشكل جيّد الفاصل الموجود بين الأجيال: تنتمي الأجيال السابقة إلى النظام التقني العائد إلى نهاية القرن التاسع عشر، والذي أتقن حتّى عشيّة الحرب العالمية الثانية، بينما دخلت الأجيال اللاحقة في طور الثورة التقنية «الثالثة» التي نعيش. ويفصل بين الاثنين عالم كامل اجتماعي وتربوي؛ من خلال هذه الفوارق حتماً يُبنى المجتمع الجديد.

لا شيء يعبّر عن الصعوبات التي يلتقيها عالم الاجتماع مثل مفهوم الملاك. إنّه يتطابق مع مستوى معيّن للدخل، أي لنمط الحياة، أكثر منه مع فئة أو فئات مهنية. لقد أريد على ما يبدو، ولأسباب مختلفة وعديدة، محاولة خلق فئة اجتماعية ـ مهنية تبعاً لمقاييس يختلف وضعها تبعاً للعادات الاجتماعية، لطرق ومستويات التأهيل، للمعاشات، ولوظائف عديدة: وظائف تقنية، وظائف قانونية، وظائف إدارية، وظائف اجتماعية، والمجالات واسعة جدّاً. ويمكننا ملاحظة الأمر عبر قراءة عروض العمل في الصحف التي تتوجّه إلى جمهور متوسّط ومتعلّم. هناك فئات ولكن هناك أيضاً تداخلات: ألا يجدر بموظّف الدائرة القضائية أو الدائرة التجارية أن يلمّ ببعض المعلومات التقنية؟ ألا يتعيّن على المسؤول التقني في مصنع معيّن أن يتمتّع بتأهيل اجتماعي، وحتّى قانوني؟

لنذكر دراسة حديثة، تتعلّق فقط بفرنسا:

إذا كان الموظّف الإداري أجيراً، فإنّ كلّ أجير ليس موظّفاً إدارياً. كي ينتمي إلى جهاز الموظّفين، يجب النظر في مقياسين: التأهيل المهني، الجدارة والتقنية الفنّية؛

ممارسة وظيفة مسؤولة حقيقية تسلّمها له سلطة ربّ العمل (أو السلطة المديرة). بالنسبة للتأهيل المهني، الجدارة أو التقنية فيمكن التصديق عليها عبر دبلوم أو عبر «خبرة مهنية»، طويلة

بشكل عام؛ لكنّ المقياس الأساسي يبقى ممارسة الوظيفة الفعلية.

هذا يحدّد جيّداً مفهوم الوظيفة الإدارية التي قد تكون وظيفة توجيه، مراقبة، بحث، تجارة أو إدارة أعمال. بين رئيس العمّال، التقني الفنّي، الفنّي الأعلى، المهندس، الموظّفين الإداريين والتجاريين، أصبح من الصعب الإمساك بالفوارق، بالمراحل: وحدها جداول الرواتب يمكنها أن تعطينا الأفكار اللازمة. كذلك حدث بعض الانحرافات في التوجّه: عندما قرّر نابليون تطوير مدارس الفنون والمهن، كان يريد ضمناً تكوين نوع من «ضباط صفّ» في مجال الصناعة، ولكن سرعان ما تخرّج منها مهندسون. وتتمّ هذه الأمور بشكل خاص عندما يؤدّي التطوّر السريع للتقنيات في بعض القطاعات بقلب الحدود القائمة. أحياناً قد نرى التأهيل «العلمي» والتقني يُستبدل بالرتبة وبالتدرّب في مكان العمل. إذا كنّا نجد في جميع البلدان المتقدّمة تقريباً نفس الفئات فإنّ سياقات التأهيل غالباً مختلفة: البعض يتمسّك بشهادة التخرّج، ممّا يؤثر على التعيين الاجتماعي، البعض الآخر يفضّل تأهيلاً بطيئاً أثناء العمل.

إذن من الصعب تحديد التوزيعات. لقد قُدّمت بعض الأرقام في ما يتعلّق بفرنسا سنة 1970، وهي عبارة عن النسب المئوية للموظّفين الإداريين في مجال الصناعة:

بحث .... %10

مكاتب الدراسات التقنية والصناعية ..... %38

التقني ـ التجاري والتجاري .... %15

إدارة ومتفرّقات .... %37

بالإجمال، في فرنسا أيضاً، كان «الموظّفون الإداريون» سنة 1968 يمثّلون تقريباً 15,5% من الشعب العامل. لكن التطوّرات كما قلنا كانت ملحوظة، فقد عرفت فئة الموظّفين الإداريين، القضائيين والتجاريين نموّاً حديثاً وسريعاً. في بعض القطاعات أدّت تقنية الصناعات الفنّية وتقدّم التآلي إلى زيادة نسبة الموظّفين الإداريين في المجموعة العاملة بصورة ملحوظة. أخيراً كلّ تقنية جديدة توجد بالضرورة موظّفيها: هكذا مثلاً المعلوماتية. يمكننا التكهّن بأنّ مراحل التحضير، التنظيم التقني، مشاريع الصناعة، البحث والتنمية تميل إلى أن توظّف عدداً أكبر من الأشخاص، على حساب الجهاز التنفيذي. لقد قُدّر بأنّه عند نهاية القرن، 20% من العاملين سينشغلون بالعلوم وبالبحث والتنمية وأنّهم سيكونون مكوّنين بشكل أساسي من الموظّفين الإداريين.

تنظيم العمل

لقد لعبت الحرب العالمية الثانية حتماً في مجال تنظيم العمل دوراً شبه ثوروي بإلزامها الصناعة الأمريكية بالتحوّل فجأة، تحت ضغط احتياجات التسلّح، نحو إنتاجات جديدة تستخدم يداً عاملة تنقصها الخبرة على العموم. لقد رأينا أنّ النظام التقني عند نهاية القرن التاسع عشر كان قد أدّى إلى التايلورية ونظام العمل المتسلسل، فكانت النتيجة الأبرز هي العمل المتجزّىء الذي كُرّس له الكثير من الدراسات لا سيّما في فرنسا مع ج. فريدمان G. Friedmann. يبدو أنّ هذا الميل هو في طريق العودة للظهور؛ لا تزال الدرب طويلة بالطبع لكنّنا نشهد اليوم أمثلة كبيرة تأخذ طابعاً مثيراً. «أجل كلّ شيء يبدو ممكناً منذ مصنع كالمار Kalmar» كما قرأنا في مجلّة أسبوعية واسعة الانتشار.

بالطبع ما تزال هذه الظاهرة حديثة العهد ولا يمكننا أن نرسم تاريخها بل نضطر للاقتصار غالباً على حالات منفردة نوعاً ما. إن ما يزال نادراً اليوم سينتشر حتماً أكثر فأكثر، على المدى القريب أو البعيد. كذلك هناك قطاعات تقنية تبقى في الخلف، وقد أمكننا ملاحظة هذا الأمر على مدى التاريخ. نذكر مثلاً تلك المزرعة الكبيرة على نهر الواز Oise التي كانت تعمل قبل الحرب العالمية الثانية مع عشرة جياد وثلاثين عاملاً مياوماً: اليوم لم تعد تملك جواداً واحداً وتستخدم على الأكثر ستّة عمّال في عزّ موسم الأعمال الزراعية. تماماً كما التايلورية، ظهرت هذه الحركة الجديدة التي نتناولها في الولايات المتّحدة. وهناك أخذ النظام اسمه: job elargment الذي يمكن ترجمته بتوسيع المهمّات. يحتمل أن تكون أولى هذه المظاهر قد تجلّت نحو عام 1943 لدى شركة آي. بي. إم I.B.M، في مصنع إنديكوت Endicott، في ولاية نيويورك. بدلاً من نظام العمل المتسلسل، المتجزّىء على نطاق واسع والمتداول في جميع الصناعات التركيبية، قام عمل فريق كان كلّ عضو منه يرى مهمّاته موسّعة. إذن استبدلت السلسلة، المتواصلة، بعدد من المجموعات التي تنجز مجمل الصناعة. كان كلّ فريق ينظّم نفسه بنفسه ويتوزّع المهمّات، التي قد تتغيّر من أسبوع لآخر وحتّى من يوم لآخر. من أولى النتائج كان الإلغاء التدريجي للمراقبة وللضبط؛ كان في انديكوت، سنة 1943، ضابط لكلّ أحد عشر عاملاً، سنة 1946 واحد لكلّ ثمانية وأربعين عاملاً وقد تمّ الاستغناء عنهما سنة 1950. أمّا إيقاع السلسلة، الذي يفرضه في الواقع العمّال الأبطأ، فقد اختفى من تلقاء نفسه. لو أنّنا احتفظنا بالسلسلة لكان عدم خبرة العمّال، المعينين بسرعة من أجل تلبية برامج صناعية كبيرة، تسبّب في إبطاء التركيبات. لقد أصبح تأهيل الفرق، التي تتقاسم المهمّات بنفسها، وتناوب مراكز العمل ركيزتي التنظيم الجديد.

وسرعان ما اتّبع هذا النموذج. نذكر بشكل خاص وضع شركة سيرز روباك وشركاه Sears Roebuck and Co.، وهي شركة أمريكية ضخمة للتوزيع والتسليم، تجارية وصناعية في آن واحد: كانت اللامركزية الإدارية وتجمّع المهمّات يشجّعان على القيام بالمبادرة وتحمّل المسؤولية. وهكذا كان جهاز العمل صاحب المستوى العالي من التخصّص يصبح على درجة كبيرة من تعدّد الكفاءات. من كبار المعلّمين الذين فكّروا بهذه الصيغ الجديدة هو م. وورثي M. Worthy الذي كان يهاجم تايلور مباشرة سنة 1951، وقد قال:

إنّ مهمّتنا تقوم بمعظمها على تنمية علم تنظيم مناسب أكثر. لدينا الشعور بأنّ تقسيم العمل اشتدّ واحتدم وذهب أبعد بكثير ممّا هو ضروري من أجل إنتاج فعّال.

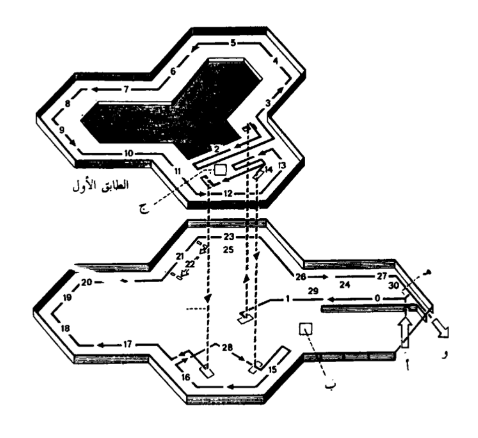
كذلك اتّبعت شركة كاديلاك Cadillac في دترويت الطريق نفسها. منذ سنة 1943 تذكّرنا إحدى الدراسات بالتجربة التي جرت في مصنعين للدبّابات. كان الأوّل قديماً ويعمل بحسب أدقّ قواعد العمل المتسلسل، بينما لم يكن لدى الثاني، الذي بُني بسرعة، الوقت لإقامة تنظيم دقيق فوزّع الإنتاج على مجموعتين: فجاء المردود أعلى ومعدّل الحوادث أقلّ.

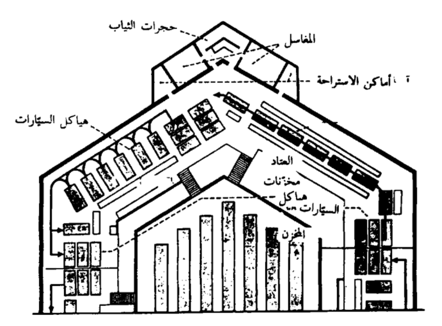
هذه الطريقة الجديدة في تنظيم العمل انتشرت بسرعة بعد الحرب، وبالطبع ملأت القارّة الأوروبية: نرى أمثلة عنها في بلجيكا منذ سنة 1952. وفي الوقت نفسه تحدّدت، واكتملت وأتقنت. ويذكر ج. فريدمان:

بتوسيع المهمّات ازداد بالضبط الاهتمام بإغنائها، بفضل الاحتياجات الجديدة للمسؤولية وللمهارة. كان يتمّ مثلاً إدخال عمليات شحذ للأدوات، ضبط للآلة، معرفة مبادىء المعايرة وانعكاسها على تتابع العمل، وإجراء مهمّ جداً هو التمكّن الكامل من القطعة المنجزة، ممّا كان يفترض استعمال مقاييس السعة، القولبة والمقارنة.

ضمن هذه الشروط كان لا بدّ لبعض المحترفين، الضابطين والمراقبين، من الاختفاء. كذلك لم يعد العامل المتخصّص القديم يملك مكاناً في مجال الصناعة، حتّى قبل أن تأتي أحدث الآلات وتعجّل من اختفائهم.

إنّ هذه الحركة أخذت بعدها الحقيقي ونجاحها الخارق مع مصنع كالمار Kalmar للسيارات، في السويد (شركة فولفو Volvo): فعندئذ استطاعت أن تنتشر وتصل إلى الجمهور العريض. لقد فكّر مدراء شركة فولفو في الواقع، وبحقّ، أنّ تطوّر تنظيم العمل كان يتطلّب مصانع مناسبة، حيث إنّ المصانع القديمة كانت أقيمت من أجل نظام العمل المتسلسل. حُقّق النموذج بواسطة مهندسي بناء، مهندسي إنتاج وممثّلي النقابات (شكل 1).





شكل 1 ـ تصميم مصنع كالمار Kalmar الجديد.

تشير الأرقام إلى المسار الذي تتبعه العربات. تدخل مركبات في «أ»، وفي «و» تخرج السيارات المنتهية من المصنع. فحص العتاد يتمّ في «ب»، مركز التوجيه في «ج»، في الطابق الأول، الرافعات في «د»، تنقل العربات من طابق إلى آخر، ثمّ تحزر هذه العربات وتعود إلى «هـ».

لقد اعتبرت إحدى المجلاّت الأسبوعية الفرنسية أنّ النجاح كان استثنائياً على الصعيد الإنساني والتقني على السواء. لقد أقيمت المباني على طابقين وتشكّلت من مسدّسات موضوعة على شكل تاج. كلّ من هذه المسدّسات التي تطلّ نوافذها على مناظر خضراء جميلة، يشكّل محترفاً مستقلاً يعمل فيه فريق من خمسة عشر أو خمسة وعشرين عاملاً. لكلّ فريق حجرة ثياب مجهّزة بحمّام صونا وبزاوية استراحة وكافيتيريا صغيرة.

كلّ محترف هو مزوّد بمرحلة تركيب: التجهيز الكهربائي، تجهيزات للأمان، وضع الزجاج، فحص، الخ. بإمكان أعضاء الفريق أن يقسّموا العمل إلى سلسلة من المهمّات المجزّأة، أو بالعكس أن يجتمعوا للعمل معاً في العمليات ككلّ، كما يمكنهم أن يتناوبوا المهمّات، القرار يعود لهم. لا يفرض عليهم أيّ إيقاع أو توقيت؛ إذا انتهوا قبل الوقت المقدّر، يمكنهم الخروج. إنّهم يتقاسمون سويّة المسؤولية عن نوعية العمل.

بالطبع يترافق هذا التنظيم مع تقنيات جديدة في تزويد مختلف المحترفات. لقد استبدل نظام العمل المتسلسل بحمّالات متحرّكة بذاتها مع نظام دوران كامل يتضمّن أماكن للخزن، وبإمكان الحمّالة نفسها أن تتحوّل إلى مكان عمل. من البديهي أن تكون أوالية كهذه تستدعي استعمال الكمبيوتر.

عدا عن المشاكل الاجتماعية، والمشاكل النفسية للعمّال هناك مشاكل من النوع الاقتصادي. لقد كلّف المصنع أكثر من مصنع من النوع القديم، وإن كان تزايد الكلفة ضعيفاً نسبياً، يبلغ نحو 10%. كذلك يجب أن نذكر أنّ هذا المصنع متخصّص بصناعة السيّارة الأغلى ثمناً في مجموعة فولفو. لقد طرح العديد من التساؤلات، لا سيّما من الزائرين الكفوئين. إنّ مصنع كالمار لا ينتج سوى السيارات الكمالية؛ إنّه يقتصر في نشاطاته على التركيب، ولا يستدعي سوى يد عاملة كفوءة.

ما نزال عند بداية تجربة كان ينبغي القيام بها. وتظهر بعض نواحي هذه التجربة عدداً من الصعوبات: تبديل العمّال ومراكز العمل مرّات عديدة في اليوم الواحد، توسيع المهمّات الذي يحدو ببعض العمّال إلى متابعة هيكل سيّارة واحد خلال ساعة من الزمن، تنظيم العمل ضمن مجموعات مسؤولة، تدريب العامل مئة وثلاثين ساعة قبل تسليمه وظيفة التركيب، صراع ضدّ الضجيج، إنّ كلّ هذه الأمور تتطلّب «مناخاً» خاصاً. هنا يمكننا قياس مدى ضرورة التوافقات بين المجتمع وطريقة تنظيم العمل. من بين زوّار مصنع كالمار ذُكر رئيس شركة فيات Fiat الإيطالية. «إنّ السيّد أغنيلي Agnelli المعجب بتجربة كالمار يعتبر من غير الممكن القيام بمثلها في إيطاليا، لأنّها تستلزم، أكثر من المبادرات التقنية، توافقاً

اجتماعياً، تعاوناً حقيقياً بين المستخدِمين والمستخدَمين. إنّ السويد تعمل ضمن هذا الإطار منذ أكثر من نصف قرن».

ولا شكّ في أنّ المشكلة الحقيقية تكمن هنا، ونلتقيها على مستويات أخرى وحسب صيغ أخرى في البلاد التي تمرّ في طور التقدّم. إنّ كلّ تجديد تقني يستدعي نتائج اجتماعية هو عمل صعب. إنّ الانتقال التدريجي، كالذي قامت به الولايات المتّحدة عند نهاية الحرب العالمية الأولى، كان بالنهاية أقلّ تعقيداً من إقامة مشروع مثل كالمار. إذ إنّنا لا نمرّ بسهولة من تنظيم معيّن للعمل إلى تنظيم آخر يفترض تأهيلاً أكمل، وعمل فريق، ومسؤولية أوسع. بتغييرنا في طريقة تنظيم العمل يتعيّن كذلك تغيير مجتمع بكامله مع كلّ مقدّساته، وهذا الأمر لا يتمّ دون صعوبات. ولقد أدركه السيّد أغنيلي تماماً.

عبر هذا المثل يتوضّح لنا أيضاً أنّ التقنية ليست في الواقع كلّ شيء. في كالمار قلّما نجد تقنيات مختلفة ـ الفرق الوحيد يكمن في طريقة توزيع القطع والمجموعات ـ. إنّ ما يختلف هو المغامرة الاجتماعية. فهنا يعود ابتكار العامل ومبادرته كي يأخذا معناهما الكامل. إنّ تركيب لوحة القيادة يتمّ دون أن تحرّك الحمّالة الوحدة التي يجب تركيبها. الصيغة يختارها العمّال ويغيّرون فيها كما يودّون.

من الطبيعي أن تكون تجارب أخرى رأت النور في بعض القطاعات لا سيّما القطاعات التي تعتمد بشكل كبير، مثل صناعة السيارات، على التركيب. لقد أقامت شركة آي. بي. إم I.B.M في برلين الغربية مصنعاً للآلات الكاتبة حيث أرادت بدورها أن توسّع المهامّ باستبدالها سلسلة وحيدة بستّ سلاسل مصغّرة، منفصلة، حيث يتمّ تركيب نحو ثلاثة آلاف وخمسمائة قطعة تؤلّف الآلة الكاتبة بواسطة خمسة وعشرين عاملاً فقط. كلّ منهم بالطبع هو عامل متخصّص لكنّ مهمّته لا تقتصر على مجرّد تكرار رتيب، لا بل تتميّز ببعض التنوّع، كما أنّها تستمرّ طويلاً كفاية، لأنّ أيّ مهمّة لا تقلّ مدّتها عن اثنتي عشرة دقيقة (مقابل ستّ في نظام العمل المتسلسل القديم). لكن هذه الناحية المادية الصرف لتجزئة العمل الجديدة ليست هي الأساس، فالسلسلة المصغّرة تتميّز على ما يبدو بصورة خاصّة بكونها تسمح بصنع آلة كاملة بواسطة عدد محدود من العمّال، هنا خمسة وعشرون، يعرفون بعضهم شخصياً. بهذا تظهر روح الجماعة أثناء العمل وهي شعور لا يمكن إلاّ أن يتعزّز عبر مسؤولية المجموعة، وهي مسؤولية كلّية لأنّها تصل حتّى التحقّق النهائي من نوعية العمل والمنتوج.

بعد عدد من التجارب، يظهر لنا بوضوح طرح الموضوع. إذا كان المصنع جديداً فإنّنا نعرف كلّ تأثير اللون، الإضاءة، الحرارة، الرطوبة، الخ. إلاّ أنّنا لسنا متأكّدين تماماً من

نتائج تنظيم العمل الجديد.في الواقع لا يوجد سوى حالات نموذجية لا تتعلّق بأنواع الصناعة وحسب بل أيضاً ببعض الشعوب. لقد ذكرنا أنّ الإيطاليين ليسوا مستعدّين كما يجب لهذا التطوّر في شروط العمل. أخيراً هناك كلّ الانعكاسات الاقتصادية، لا سيّما، انعكاسات الأسعار.

فرنسا تبدو أنّها انضمّت متأخّرة إلى القافلة، ودوماً بصورة جزئية. هكذا مثلاً عند رينو Renault في مصنعها في منطقة الـمان le Mans بالنسبة لمحترفات تجميع السيّارات. الأمر هو عبارة عن تجهيز مساحات واسعة يقوم فيها العامل بكلّ عمليات التركيب، جالساً خلف منضدته. كذلك اعتمد مصنع المحرّكات الستاندارد في شوازي Choisy نظاماً شبيهاً يقوم فيه كلّ عامل بتجميع محرّكه بأكمله. أمّا في مصنع دوي Douai فيوجد سلسلة تتألّف من اثني عشر جزءاً يفصل بينها دوارىء خزن ويستخدم كلّ منها مجموعة من عشرة إلى عشرين عاملاً على مراكز عمل شبه ثابتة.

لحظة مشاريع مصنع آي. بي. إم في برلين، قام عدد من علماء النفس والاجتماع بحملة لدراسة العوامل التي تلعب دورها في مسألة راحة العامل وحثّه على العمل. هكذا ظهر للوهلة الأولى أنّنا كنا نسير نحو مصالحة بين العامل والعمل.

يبدو أنّ التطوّر يتمّ على عدّة مراحل، منفصلة قطاعياً أكثر منه زمنياً، أي في الواقع تبعاً لتطوّر التقنيات في مختلف أنواع الصناعة.

تقوم المرحلة الأولى، البدائية، على الحدّ من الوتيرة الواحدة وقطعها. فقد تجلّى الرفض لانتشار الوتيرة الواحدة التي تبدو ولا شكّ أحد الأسباب الرئيسية في تعب العامل المتخصّص وعدم رضاه. لدى شركة فيات Fiat مثلاً لوحظ أنّ السبب ليس في تجزئة المهامّ بقدر ما هو في الوتيرة الجماعية التي تقيّد العمّال بالسلسلة. وكما قيل كان يجب النظر في «مستوى التشبّع الذي يُترجم عبر العلاقة بين فترة العمل الفعلي والفترة التي يقبض العامل عنها أجرته». لنأخذ المثل الذي ذكره ج. ب. دومون J.P.Dumont: «بالنسبة لراتب دقيقة واحدة من الحضور في المصنع، كان على العامل أن ينفّذ عمليّة، اثنتين أو ثلاثاً تستدعي في الحقيقة مدّة أقلّ من دقيقة؛ تبعاً للحالة، كان «وقت الالتزام» يمثّل من 89 إلى 91% من الدقيقة.» إذن تمّ تخفيض المستوى إلى مجال يقع ما بين 80 و 84%.

كذلك كان من الممكن الذهاب أبعد من هنا عبر إلغاء الفرضية التي كانت تجبر العمّال على أن يتّبعوا معاً نفس الوتيرة. لهذا الأمر تمّ تقسيم السلسلة نوعاً ما بإدخال دوارىء خزن لكلّ من العمّال المتخصّصين، وقد جرت محاولات من هذا النوع في الاتّحاد السوفياتي. هناك مثل يعود إلى العام 1971 ويتعلّق بمصنع للحياكة كان نظام السلسلة فيه

مراقباً بكلّ دقّة: «الآن بدلاً من أن تنجز العاملة عملها وحدة وحدة، فهي تنجزها رزماً تتضمّن الواحدة منها عشر قطع. وقد أعطاها هذا إمكانية العمل بايقاع حرّ نسبياً.» المشكلة التقنية الوحيدة تكمن في تزويد كلّ من مراكز العمل. في مصنع الأحذية في كييف Kiev، «يسمح النقّال الآلي بتزويد كلّ مركز عمل بسلال من العناصر الواجب تحضيرها وذلك ما أن ينتهي شغل العناصر التي سبقتها، كلّ هذا بواسطة موجّه مركزي أوتوماتيكي.» في فرنسا قامت تجارب مشابهة لدى شركة بل Bel في منطقة لون ـ لوسونييه Lons - le - Saunier. في هذه الحالة، وبعد القليل من التردّد، بلغت زيادة المردود 10% مع تخفيض ملحوظ من النفايات. كذلك نلحظ نتائج من هذا النوع في يوميّة شركة فيليبس Philips، في هولندا. تستخدم سلسلة تركيب أجهزة التلفزيون مئة وأربعة عمّال يسلّمون جهازاً كلّ مئة وسبع دقائق بواسطة عمليّات مجزّأة جدّاً، وقد وضعت خمس مجموعات من دوارىء الخزن، يخزن كلّ منها ثلاثين منتوجاً.

بالنسبة لتناوب المراكز فهو كما قيل «قصّة قديمة»، إلاّ أنّه يمثّل مرحلة ثانية. وكما في الحالة السابقة لم يتم تعديل الكثير في طريقة تنظيم العمل، القائمة على تجزئة المهامّ. ما يجري فقط هو تناوب في هذه المهامّ. هكذا تتوزّع فترات الضغط في العمل وفترات الهدوء وتنقطع رتابة العمل. حتّى أنّه حدث، كما في مصنع عطور روشا Rochas أو مصانع رينو في المان Mans، في محترف تركيب القادمات، أن طُبّق التناوب بشكل عفوي من قبل العمّال، إمّا عبر إزاحة لمراكز العمل وإمّا عبر دوريّة أوسع. كذلك أدخل نظام تناوب العمل هذا في المصانع السوفياتية. وفي مصنع حديد بلغاري اتّبع العمال دراسة تأهيلية كي يمكنهم العمل على أربع أو خمس آلات ـ أدوات متقنة جدّاً. في حالة العمّال أصحاب الكفاءة نلمس التناوب والدورية بشكل أقوى حيث يصبح كلّ منهم متعدّد الكفاءات. تجدر الإشارة إلى أنّ هذا النوع من التنظيم كان ظهر لدى شركة باتا Bata منذ ما قبل سنة 1940. وهو يتميّز أيضاً بقدرته على التخفيف من مفعول التغيّبية بحكم وجود جهاز عمل بديل أقلّ عدداً.

توسيع المهمّات هو إذن المرحلة الأخيرة، وهو قد يتضمّن العديد من العمليّات المجزّأة؛ كما بإمكانه أن يجمع كلّ المهمّات الموجودة في المحترف. قد يطبّق مع عامل واحد أو مع مجموعة من العمّال، كما رأينا. على المستوى النموذجي بإمكان العامل الذي كان عليه أن يشغّل آلة ما أن يصبح مكلّفاً أيضاً بصيانتها وبضبطها. من هنا يمكننا الوصول إلى إزالة شبه كاملة للسلسلة.

بديهي أنّ التغيّرات التي نلحظها في تنظيم العمل لا تعود جميعها، ولا كلّ واحد

منها، إلى أسباب تقنية فقط ولكنّها تقع في إطار تقني يختلف عن الإطار الذي أدّى إلى ولادة السلسلة. تطوّر الآلات ـ الأدوات، وتآلّي الموجّهات المركزية أصبحا بشكل عام الركيزة الأساسية. الشيء نفسه، في بعض الأحوال، بالنسبة لعمليّات القياس والمراقبة.

عن كلّ هذا ينتج بالطبع تعديلات متوازية في تأهيل العمّال تقنياً. بالنسبة للتناوب بإمكان متمّمات التأهيل أن تكون وجيزة، فإذا تأهّل العامل المتخصّص خلال بضع ساعات، تكفي بضع ساعات إضافية كي يغيّر مركزه. أمّا في حالة توسيع المهامّ، الذي يتعلّق بأصحاب الكفاءة أكثر منه بالعمّال المتخصّصين، فيلزم حتماً مدّة أطول (من خمسين إلى مئة وخمسين ساعة في بعض الحالات التي ذكرناها). هنا لم تعد الجدارة المهنية التي تلعب دورها، بل مستوى معيّن من المعلومات.

ما تزال الصعوبات عديدة. يذكر مؤلّفو «دراسة علم اجتماع العمل» أنّ «التطوّر التقني يغيّر في العلاقات القائمة بين فئات العمّال، في طبقيتهم وترابطهم، في موقعهم في المؤسّسة.» وينتج عنه بعض التوتّرات التي ظهرت أحياناً بصورة جليّة واضحة.

أمّا المستقبل فهو غامض نسبياً وقد توصل البعض في نهاية المطاف إلى التشكيك ببعض التجارب التي أجريت. هكذا مثلاً بالنسبة لشركة فيات في مصنعها في كاسّينو Cassino. وقد أدلى أحد مدراء هذه الشركة لِ ج. ب. دومون بتصريحات ذات مغزى:

على الصعيد التقني والاقتصادي الحلّ الفعّال الوحيد، في الصناعة المعدنية، هو تجزئة المهامّ. اليوم نجد أنفسنا في موقع اتّهام لأنّنا عهدنا إلى العمّال بمسؤولية إتمام عمل مجزّأة. هل يمكن لتوسيع المهامّ أن يكون علاجاً لضيق العمّال المتخصّصين؟ لا يتهيأ لي أنّ هذا الأمر صحيح. لا شكّ في أنّنا نقوم بأبحاث ضمن هذا الاتجاه وبتجارب تركيب للمنتوجات بواسطة فرق عمل، بواسطة مجموعات، لكنّنا نتابع أيضاً أبحاثنا ضمن اتّجاه المكننة الكبيرة التي تقود إلى التآلّي. انظروا ماذا يحدث في الخارج؛ إنّ تجارب تحسين مهمّات العمّال تبقى محدودة جداً. في الولايات المتّحدة، وبالرغم من بعض محاولاتها لتوسيع المهامّ، ترمي مؤسّسة موتورولا Motorola إلى مكننة أكثر تقدّماً؛ والصيغ التي أثني عليها هنا وهناك لم تمتد إلى مجال صناعة السيارات. لا بل أكثر من هذا: لقد أقامت شركة جنرال موتورز مؤخّراً سلاسل جديدة من شأنها أن تزيد أيضاً من تجزئة المهامّ. بالنسبة لنا لقد زرعنا لتوّنا عقولاً الكترونية (روبوتات) على خطّ التركيب.

هذا العقل الالكتروني وضع سنة 1971 في مجال صناعة هياكل السيّارات. بالطبع كان على مركز عمل ثابت ولهذا كان يثير الاضطراب في إيقاع بقيّة السلسلة. عقول الكترونية أخرى ظهرت في كلّ مكان تقريباً، بصورة خاصّة في مجال صناعة السيّارات. في مصنع بيجو Peugeot في مولوز Mulhouse، يوجد آلة أوتوماتيكية تصنع المسنّنات؛ هناك

خمسة أو ستّة عمّال كفوئين يراقبون سير الآلة بينما كان النظام القديم يتطلّب من ثلاثين إلى خمسة وثلاثين أجيراً، معظمهم من العمّال المتخصّصين. يعتقد ريكتا Richta بأنّه سيكون هناك عندئذ احترافية للعمّال المتخصّصين الذين ستنخفض نسبتهم قيمة ما بين 10 و 70% حسب الصناعات، بينما ستزداد فئة الضابطين، عمّال الصيانة، المصلّحين، من 6 إلى 50%. الشيء نفسه بالنسبة للتقنيين الفنّيين والمهندسين.

إزاء هذا التطوّر ظهرت التخمّسات، التحفّظات والمخاوف. بعد افتتاح مصنع كالمار، سرعان ما أوصى التجمع الأوروبي الاقتصادي بإلغاء نظام العمل المتسلسل. العمل المجزّأ والسلسلة ربّما سيفسحان بعض المجال لكنّهما لن يختفيا أبداً نهائياً. إذا كان تنظيم العمل يتغيّر في العمق أثناء مسيرته، فهذا لأنّنا نغيّر في فكرتنا حول مفهوم العمل. ولكن دون التطوّر التقني، لما كانت ظهرت هذه التغيّرات بالطبع: إنّنا نلمس حجم الدور الذي تلعبه التآلية أو الأتمتة في ظروف كهذه.

انتقال التقنيات والمجتمعات التقليدية

الأمر هو كناية عن مشكلة، أو بالأحرى عن مجموعة من المشاكل أخذت منذ بعض العقود أهمّية كبيرة. ومن الصعب الفصل بين الأحداث، أكانت ذات طابع تقني، اقتصادي، اجتماعي، أو حتّى سياسي. لقد استطاع المؤرّخون أن ينوّرونا ببعض الإيضاحات، وهذا بالرغم من الفوارق الملحوظة التي تفصل عصرنا عن القرون المعنية. ولكن هناك بعض النقاط المشتركة. لقد كانت فرنسا في الواقع مستوردة للتقنيات: نذكر كولبير Colbert الذي أدخل تقنية الزجاج أو الأجواخ على الطريقة الهولندية، كما نذكر أولئك المموّلين الكبار الذين أقاموا، سنة 1782، طريقة صبّ الحديد بواسطة الكوك في فرن الكروزوه le Creusot. للأسف لا يبدو أنّ الذين اهتمّوا، كثيراً، بهذه الظواهر قد نظروا إليها بنفس طريقة دراستنا لها بالنسبة للفترة الحالية.

قبل كلّ شيء من المهمّ وضع دراسة نموذجية للحالات في المجال التقني البحت: قد يكون الأمر في الواقع عبارة عن تقنيات جديدة كلّياً أو تقنيات تحلّ مكان تقنيات قديمة تعطي منتوجاً شبيهاً. إنّ إدخال كولبير لصناعة الزجاج يتعلّق بالحالة الأولى، بينما إنشاء الكروزوه يتعلّق بالثانية.هناك أيضاً الفارق التقني، أي ما أسماه الأمريكيون بالهوّة، بين البلد المصدّر والبلد المستقبل، وهو مفهوم يضاف إلى سائر المفاهيم التي ذكرناها. إنّ استيراد صناعة جديدة هو أصعب من صناعة تحلّ مكان تقنية قديمة؛ في الكروزوه سنة 1782 كان يُستورَد فقط صبّ الحديد بواسطة الكوك، ما كان جديداً هو صناعة الكوك، مع أنّها كانت

تستخدم تقنيات قديمة، مثل تقنية صناعة فحم الخشب. في ما يتعدّى هذا لم تكن إدارة الفرن العالي تختلف جوهرياً عن إدارة المنشآت الخشبية القديمة. بالمقابل عندما أدخل الفرنسيون التسويط والتطريق بواسطة المصفِّحة، كانت هذه التقنيات مختلفة كلّياً عمّا كان يُستعمل. في الحالة الأولى استطاع المواطنون الأصليون القيام بما يلزم، فيما اضطرّوا في الحالة الثانية إلى استدعاء العمّال الانكليز.

النقطة الثانية لا تقلّ أهمّية. كلّ تقنية تصل إلى بلد معيّن لها احتياجات ومتطلّبات اجتماعية الطابع: تثقيف الشعب المعني، نقل أو تجمّع الجماهير العاملة، تغيير أنماط الحياة وعادات العمل. لا شكّ أنّه في هذا المجال كانت المقاومات الأشدّ والأطول، إذ يمكننا بكلّ سهولة تصوّر مدى صعوبة تحويل شعب بدوي إلى شعب صناعي، ومن هذه الزاوية طُرحت المسألة على السلطات الجديدة. لم تكن المشكلة التي ظهرت تقنية بحتة بقدر ما كانت في الدخول إلى مرحلة التصنيع وما يكمن فيه من صعوبات يطرحها تحوّل مجتمع من النوع التقليدي إلى مجتمع صناعي.

في الواقع، انطلاقاً من القرون الوسطى، أخذت عمليات اكتساب التقنيات، الداخلية أو الخارجية من قبل البلدان المختلفة، تتمّ تدريجياً، على مدى تحوّل المجتمعات. كان يوجد عمليّة موازاة واضحة بين التطوّر التقني والتطوّر الاجتماعي. ولكن تجدر الإشارة إلى شرخ حدث لحظة الثورة الصناعية عند نهاية القرن الثامن عشر. لقد كانت احتياجات التقنية آنذاك قويّة للغاية وكان على المجتمعات أن تتكيّف، غالباً بطريقة تدهشنا اليوم، مع عمل النساء والأولاد. أمّا في عصرنا هذا فالمرور من تقنيات النظام السابق إلى التقنيات المتقدّمة كما تُسمّى، في البلاد الأكثر نموّاً، لم يعد مشكلة اجتماعية. إنّه بشكل أساسي مشكلة وسائل مادّية، ماليّة أكثر الأحيان، أي أنّه يتعلّق بحجم الأنظمة الاقتصادية المعنية. وما قلناه في الصفحات السابقة يُظهر، كما نأمل، أنّ التسويات الاجتماعية ضرورية وأنّ بإمكانها أن تجري فعلاً دون انقلاب كامل في المجتمع، بالرغم من ظهور بعض التوتّرات، المؤقّتة دون شكّ. هناك بعض عجز في الخيال يحول دون تصوّر المجتمع «ما بعد الصناعي»، حسب العبارات المتداولة اليوم.

منذ العديد من السنوات تجري المحاولات لإدخال التقنيات الحديثة في بلدان العالم الثالث. بادىء الأمر اهتمّت الدول المستعمِرة بشكل أساسي بالمشاكل الزراعية، بالتغذية كما باستثمار الثروات الطبيعية. بعد الحرب العالمية الثانية وبعد بدء إزالة الاستعمار شهدت هذه البلاد اقتحام التصنيع لها. وبإمكاننا أن نتصوّر الصعوبات الجدّية التي أحدثتها

سرعة العملية التي استدعت تحوّلات اجتماعية معيّنة.

لقد كنّا بصدد إعتماد نظام تقني عميق الاختلاف عن النظام الذي ساد لعدّة قرون. هنا يمكننا أن نقدّر مدى ضرورة التوافق بين النظام التقني والنظام الاجتماعي. لم يُشَر كثيراً إلى أهمّية التحوّل في التقنيات الزراعية، الذي يقدّم لنا القرن الثامن عشر مثلاً كاملاً عنه. إذا كان التطوّر قد جرى في البلدان المتقدّمة، أو المتقدّمة آنذاك، في أوروبا الغربية، دون إعاقة تذكر فإنّ الأمر لم يكن كذلك في بلاد العالم الثالث حيث كانت الهوّة التقنية أكبر والمجتمعات أكثر تجمّداً.

المعارضات، التحفّظات والمصاعب كانت ذات طبيعة مختلفة. يجب الإقرار بأنّ منها ما كان، وما يزال ربّما، من النوع التقني البحت، فإدخال تقنية جديدة معيّنة يحتاج إلى «دعم لوجستي» لا يمكن الاستغناء عنه. تقول إحدى الدراسات العائدة إلى العام 1953 إنّه جرت محاولة لإدخال الجرّارات الزراعية إلى برمانيا Birmanie ولكنّها فشلت، ليس لأنّ الشعب كان عدائياً للآلات بل على العكس بسبب الأرض الرخوة التي كانت تغرز فيها الجرّارات، وبسبب الكلفة الباهظة للوقود ولقطع الغيار والافتقار إلى المهارة التقنية من أجل قيادة هذه الآلات.

لنذكر بحثاً أجرته منظمة اليونسكو .U.N.E.S.C.O.

في مجال الزراعة فإنّ التطوّرات التقنية ـ أكانت تتعلّق بالموارد، بطرق الاستثمار أو بالتنظيم العام للإنتاج ـ ترتبط ببعضها ارتباطاً وثيقاً وتتعلّق بشكل أساسي بالعامل البشري،سواء على صعيد تدبير القوى المائية، تحسين الأراضي، انتقاء البذار أو أعراق الماشية، يجب قبل كلّ شيء أن نأخذ بعين الاعتبار شروط المجهود البشري، والطريقة التي فيها يتقاسم البشر المهامّ، يجتمعون، ينظّمون عملهم، ويفهمون علاقاتهم مع الأرض التي تقدّم لهم الغذاء وتؤمّن لهم غالباً سبل عيشهم. الإنسان هو المؤثّر الأول في كلّ عملية تحويل، وأقلّ تعديل في تقنية أو في أداة ما يؤثّر على نمط حياته وعلاقاته مع أقرانه.

سنقتصر هنا على بعض الأمثلة.

في بعض المجتمعات، قد يكون صاحب حقل أكثر خضرة من الحقول الأخرى عرضة لاتّهام يقول إنّه جرّد قطع الأرض المجاورة من خصوبتها. لهذا يتردّد البعض باستعمال الأسمدة. في مكان آخر لم يقتنع بعد المزارع تماماً من جدوى الأسمدة في تحسين الإنتاج الزراعي. وأفضل ظاهرة هي مسألة المياه، التي قد ينتظم حولها مجتمع بحاله.

عندما اقترحت إقامة مضخّة للمياه في قرية فلاّحين، من أجل تخفيف العمل عن النساء، أجاب الفلاّحون: ولكن ماذا ستعمل نساؤنا طيلة النهار؟ ليست المسألة فقط عبارة عن إشغال

النساء: إنّ الذهاب لجلب الماء من العين هو إحدى وظائف المرأة [...] عند قبائل التيف Tiv والبرمان لا يكاد الجرن والمدقّة يفارقان النساء، كما أنّ الرجل من قبيلة التيف أكيغا Tiv Akiga (إفريقيا) يستعرض عروسه تغزل له وتنسج. ماذا يحدث عندما تتوقّف المرأة عن مناسبة الفكرة التي يكوّنها عنها الرجل، كمرأة و كزوجة؟ ماذا يحدث عندما نريد التوفير من العمل عندما لا يكون العمل إلزاماً أخلاقياً ولا ضرورة بل طريقة حياة ووجود؟ أو إحدى الفضائل السامية، كما لدى بعض الهنود الأمريكيين؟

لنعد إلى الماء ونذكر حالة أخرى. «إنّ مزارعي وادي الغانج Gange [...] يرفضون استعمال الماء التي يحملها إليهم مشروع ريّ معيّن لأنّهم يرون بوضوح أنّ المشروع سيخدم بشكل أساسي المالكين الكبار وسيجعلهم يتعلّقون بالتقنيين وبالموظّفين الزراعيين؛ أخيراً تبدو لهم القناة خطّة حكومية ترمي إلى أن تأخذ منهم كمّية أكبر من العمل ومن المال». هذا التفسير الذي سنعود إليه لاحقاً ربّما لم يكن الوحيد. في الواقع كان من تبعات المشروع تشتيت المساكن من أجل مراقبة المنشآت نهاراً وليلاً. إلاّ أنّه في هذه المنطقة تتجمّع المساكن على شكل قرى معتقل، ويرفض السكّان الخروج مساء أو ليلاً عندما تنتشر الأرواح الشريرة في المنطقة.

وماذا نقول عن رفض نشر الزبل على التربة لأنه يُستعمل كوقود، عن رفض زرع نوع جديد من القمح لأنّ البقر يأبى أن يأكل قشّه. كما نجد ردود فعل مشابهة في كتاب «مسرح الزراعة» الذي وضعه أوليفييه دوسير Olivier de Serres؛ إنّه في الواقع لا يحث عن تغيير النشاط الزراعي الذي ميّز عصره بقدر ما يحاول إيجاد «أسباب» للوصفات الزراعية ذاك العصر. من هنا النصيحة بعدم تغيير شيء في العتاد، لا سيّما العتاد الذي يُستخدَم في الحراثة.

كذلك فإنّ اكتساب التقنيات الصناعية في بلاد لم تكن تعرف سوى النشاطات الحرفية له انعكاسات بنفس الحجم بالنسبة للمجتمعات التقليدية.

يؤثّر التصنيع على المجتمع بطرق عديدة. فبمجرد تجديد جهاز الأدوات، يعدّل في بنية المجتمع نفسها، ويقلب العلاقات القائمة وطريقة تقسيم العمل التقليدية. في برمانيا، تفتخر الإدارة البريطانية بتقدّم استيرادات السلع القطنية والخزفية حيث إنّها ترى في الأمر مؤشراً إلى ارتفاع في مستوى الحياة؛ في الواقع، كان هذا نتيجة تغيير في الحياة العائلية، وبالتحديد أكثر التخلّي عن نول النسيج الذي كانت الزوجات والبنات يصنعن عليه في ما مضى الحرائر الثمينة، وربّ العائلة نفسه أقمشة برسومات معقّدة.

هكذا نرى أنّه عدا عن التقنية المستوردة، يؤدّي دخول الغرض الذي يطابقها إلى نتائج مشابهة.

قد يكون من المهمّ دراسة أسباب ونتائج إدخال سكك الحديد إلى إفريقيا. يرى البعض أنّ هذه السكك أقيمت من أجل تجنّب استخدام الحمّالين والسماح بهذا بإزالة الرقّ. ويُقال إنّه قبل «الاتّصال مع الغرب، لم يكن الإفريقيون بأيّ حاجة للمواصلات والرقّ لم يكن لديهم أكثر من أحد أشكال الاستخدام الزراعي أو المنزلي». لا شكّ في أنّه عدا عن بعض الطرق المستعملة، لا سيّما العمل بالقوّة، أفضى إدخال سكّة الحديد في إفريقيا إلى اضطرابات في المجتمعات أكبر من تلك التي لحظناها في البلدان الغربية.

إنّ ظهور صناعة يجبر الرجال على الذهاب للعمل في مكان غير مكانهم كي يكسبوا قوتهم،أو أيضاً يفصل العائلة عن محيطها التقليدي، يكسر التنظيم الاجتماعي تماماً. كما أنّ ظاهرة الهجرة المؤقّتة، التي عرفت منذ وقت طويل إمّا للأعمال الزراعية، إمّا للبناء ـ نذكر بنّائي منطقة ليموزان Limousin في فرنسا ـ في أوروبا الغربية، انتشرت في جميع القارّات مع من نسمّيهم بالعمّال المهاجرين. في البدء يهاجر الرجال وحدهم ويرسلون بالمال إلى عائلاتهم، وفي أفضل الأحوال يستدعونها للعيش معهم. مع الجيش، في البلدان التي استُعمرت، لا شكّ في أنّ الهجرة كانت من أكبر عناصر تصدّع المجتمعات التقليدية من جهة، ومن جهة أخرى تحضير بعض الشعوب لاعتماد التقنيات الأحدث.

في إفريقيا لم يكن بعد قد جرى شيء لتحضير القرى لغياب الرجال المطوّل عنها عندما ظهر التصنيع وحاجته الكبيرة ليد عاملة قوية. لذا اضطربت الحياة العائلية والعمل الزراعي الذي كان يقوم على تقسيم العمل. وهبط مستوى الحياة لأنّ انخفاض الإنتاج لم يتعوّض بواسطة الرواتب، التي كان ينفقها الرجال بشكل عام على معيشتهم الخاصّة في غيابهم، أو لشراء الهدايا المختلفة قبل عودتهم. ما أن يرحل الرجال حتّى يتوقّف المنزل عن كونه مركز تربية، حيث لم يعد يوجد من يملي على المراهق معنى القيم التقليدية.

قد يلومنا البعض على خلطنا بين التصنيع وانتقال التقنيات: ولكن المفهومين في الواقع يلتقيان تماماً.

المجتمع التقني والسلطة

كلّ مجتمع ينظّم سلطاته التي قد تكون مصادرها متنوّعة جدّاً: منذ فجر البشرية والتاريخ يقدّم لنا الدليل الواضح على هذا الأمر. مسألة السلطة، وهي في آن واحد مسألة سياسية واجتماعية، تنطرح اليوم بطريقة خاصّة جدّاً. وقد تطوّرت التقنية لدرجة يمكن معها القول أنّ السلطة هي في يد من يعرف، لا بل أكثر من هذا، في يد من يعرف التقنية. إننا نشعر بهذا الانطباع على أكثر من صعيد وبالطبع بطرق مختلفة.

يظهر التطوّر التقني كوسيلة ضغط في متناول موجّهي الاقتصاد في آن واحد على

حجم الاستخدام وعلى شروط العمل. في ما يتعلّق بحجم الاستخدام يكشف لنا التاريخ، كما ذكرنا، أنّ العمّال كانوا دوماً يتأثّرون بتهديدات البطالة التكنولوجية: اضطرابات الشعب الفلمندي خلال القرن الرابع عشر، اضطرابات عمّال المطابع في القرن السادس عشر، ظاهرة تحطيم الآلات، التي تجلّت في نفس القرن وامتدّت حتّى فترات قريبة من عصرنا، سوء معاملة المخترعين، كلّها أمور لطالما تكلّمت الكتب عنها. وإذا أردنا أن نقدّم مثلاً معاصراً نذكر إضراب كوفنتري Coventry، في بداية العام 1955، عندما قامت شركة ستاندارد موتورز بتسريح ثلاثة آلاف وخمسمائة عامل بعد اعتماد المؤسّسة للأتمتة. وفجأة، اختفى التوتّر. وقد كتب ف. بولوك F.Pollock:

«لو تمّ التوصّل إلى جعل الظاهرة التي عرفت باسم الأتمتة لا تعني بداية ثورة جديدة بل مجرّد استمرار طبيعي للتطوّر التقني لانتُزع عندئذ من يد إدارة النقابات سلاح إيديولوجي خارق». كذلك فإنّ موقف هلموت شلسكي Helmot Schelsky مشابه تماماً.

حتّى الآن لم تظهر بأيّ شكل كان خلال التطوّر، تحت تأثير الأتمتة، نزعات جديدة أو بنيات بإمكانها وحدها، حتّى ولو كانت طفيفة، أن تأذن بالتكلّم عن ثورة بمعناها الاجتماعي. كلّ الوقائع التي نرى فيها نتائج اجتماعية للأتمتة كانت توجد منذ وقت طويل بصفتها من نزعات التطوّر وعلى الأكثر قد تكون تسارعت وتعزّزت بواسطة الأتمتة.

ويبدو أنّ كلّ النقابات، تقريباً أينما كان، توحّدت في نظرتها إلى التطوّر التقني بهذه الطريقة. هناك نشرة نقابية إنكليزية من العام 1955، بعد إضراب كوفنتري، تعتمد تقريباً نفس اللهجة:

حتّى الساعة، لا يمكن للنقابات البريطانية أن تعتقد بأنّ التألّي أو الأتمتة يمثّلان شيئاً مختلفاً عن مجرد تسارع تطوّر التكنولوجيا والعلم الطبيعي. إنّ ما يثير مخاوفها هو الدعاية الهائلة المكرسة للتالّي؛ لأنّه إذا وقع أعضاؤها تحت تأثير المضاربات المختلقة التي تنشر، فهذا ليس من شأنه إلا أن يزيد أمام النقابات من صعوبة حلّ المشاكل التي يطرحها التالّي.

الحملة التي افتتحها الكونغرس الأمريكي في السنة نفسها تردّد نفس الصدى. حيث قيل فيها إنّ التألّي لا يطال سوى القليل من الصناعات وإنّ انتشاره سيكون بطيئاً.

كان هذا قبل ثلاثين سنة. لا شكّ في أنّ التألية بمجملها تسير ببطء، إلاّ أنّ دراسات منظّمة الأمم المتّحدة ليست متفائلة إلى هذا الحدّ. ونذكر من نتائج التألية: التخفيض من اليد العاملة في المؤسّسات المتألّية، وأيضاً التخفيض من اليد العاملة في المؤسّسات المنافسة، نقصان أماكن العمل الشاغرة، إلخ. حتّى أنّ البعض يعتبر أنّ التألية، مهما كانت الأنظمة الاقتصادية أو الاجتماعية، تمارس سلطة آخذة في التزايد على صعيد

الإستخدام كما على صعيد التوزيعات المهنية. ولا مفرّ من هذه السلطة لأنّ أيّ تطوّر في تقنيّة ما يفرض نفسه حتماً على الجميع. ليس في حوزتنا سوى إحصائيات جزئية لا يمكنها بالطبع أن تكون صادقة التمثيل، وتقول إحداها إنّه باستعراضنا المصانع من صناعة الشوكولا إلى صناعة عتاد السكك الحديدية، نلحظ نسب اليد العاملة تنخفض تدريجياً من 13 إلى 92%، أي بمتوسّط انخفاض يبلغ 63,4%. إنّ تقدّم شعوب البلاد المتقدّمة في السنّ، وصعوبة إعادة التأهيل نحو أعمال كفوءة أكثر فأكثر لا بدّ من أن يثيرا قلقاً له مبرّراته.

علينا النظر في مستويين اثنين. يتعلّق أوّلهما بالمؤسّسات التي قلّما تغيّرت فيها التقنيات وحيث احتُفظ بقسم كبير من طريقة تنظيم العمل القديمة. هناك نجد الكثير من العمّال المتخصّصين، كما نجد أنّ العمليات الواجب تنفيذها أصبحت أكثر سهولة بفضل التحسينات التقنية التدريجية. عندئذ هناك حالتان. إذا كانت المهامّ متعبة يصبح العامل المتخصّص أكثر فأكثر من المهاجرين. في فرنسا مثلاً 72% من العمال المهاجرين هم عمال متخصصون، مقابل 57% بالنسبة للعمّال الفرنسيين. في مصنع للسيارات، تحاول الإدارة أن تضع جنباً إلى جنب عمّالاً مهاجرين متنوّعي الأصول واللغات، بشكل يبقى الواحد منهم منعزلاً عن الآخرين. عند أقلّ تغيّر تقني يجري تكيّف جهاز العمل بسرعة. المهاجر الذي لا يأتي سوى لبضع سنوات، ما يكفي لتجميع المبلغ الذي يحتاجه لدى عودته إلى وطنه الأمّ، ليس لديه أيّ دافع للتمرّد ضدّ أيّ كان.

إنّ العمّال الأجانب يلعبون في النمو الصناعي دوراً بالغ الأهمية. فاهتمامهم بأن يوفّروا قسماً من راتبهم كي يلبّوا حاجات العائلة يدفعهم غالباً للقبول لنفسهم بشروط حياة رديئة (...) بالنسبة لليد العاملة الأجنبية المهمّ هو الربح الأقصى مهما كان دوام العمل. إنّ تخفيض عدد ساعات العمل قد يؤدّي إلى الرحيل إلى مؤسّسة أخرى دوامها أطول.

الحالة الثانية هي حالة الصناعات حيث العمل أقلّ مشقّة. هكذا مثلاً بالنسبة لصناعة النسيج، الألبسة، المواد الغذائية وعدد معيّن من الصناعات الحديثة: إلكترونيك، أدوات كهربائية منزلية. عندئذ النساء هن اللواتي يشكلن القسم الأكبر من العمّال المتخصّصين، وتجاههن أيضاً من السهل أكثر بشكل عام ممارسة السلطة.

إنّ التكيف الطبيعي للنساء مع مهامّ متكررة وبسيطة يظهر بشكل خاص أنّ مشكلة العمّال غير الكفوئين لا توجد، في ما يخصّهن، إلاّ بصورة أقلّ حدّة (...) لقد رأينا أنّ النساء على ما يبدو يتحمّلن أكثر من الرجال رتابة بعض مراكز العمل. لهذا نتساءل ما إذا كان سيتزايد التشجيع على استخدامهن.

إذن المهمّات التي لم تعد تطلب درجة معيّنة من الكفاءة، بفضل التقنية وتطوّراتها دون أدنى شكّ، أدّت إلى مضاعفة عدد العمّال المتخصّصين، إلى انخفاض النوعيات المطلوبة وإلى التطوّر المزدوج في اتجاه العامل المهاجر والنساء.

بالمقابل ماذا يجب أن نستنتج من تطوّر تنظيم العمل حتّى في حين لم تكن التقنية هنا سبباً مباشراً، وحتّى لو نتج عن هذا التطوّر اختفاء فئة العمّال المتخصّصين؟ كان لا بدّ من ظهور بعض التحفّظات، لا سيّما لدى رؤساء العمّال الذين كانوا يفقدون بهذا قسماً من أعمالهم، من سلطتهم. وهي لم تظهر بوضوح كاف في حالة قطع الوتيرة بعكس ما هي عليه في الأشكال الجديدة الأخرى لتنظيم العمل. في الواقع لقد نُظر دوماً إلى التناوب كوسيلة لزيادة المردود. لدى أوليدا Olida، بالقرب من باريس، العمّال أنفسهم هم من اشتكى من التناوب.

إنّهم يجبروننا على الدوران. العمّال الأذكى والأوسع تدبيراً يُجرون من مركز إلى آخر، ويُلصقون في مكان شاغر لأنّ الإدارة تعرف أنّهُ باستطاعتهم التكيّف معه بسهولة والالتزام بإيقاعه. إذن كلّ الأعمال المرهقة والقذرة لهم، دون أن يتعدّل راتبهم رغم هذا.

أو، كما قيل: ينظر العمّال إلى التناوب على أنّه نظام استبدادي يجعلهم أكثر عبيد الطبقية. أحياناً يشعر العامل بأنّه يُعيَّن لعمل كلّ شيء في حين أنّه يُظهر مهارته في مركز ثابت قد يتوصّل عبره إلى اكتساب كفاءة معيّنة. بهذا يبدو التناوب كنوع من احتقار للمهارة. وقد لوحظ لدى شركة فيات أنّ التناوب أدّى إى هبوط في نوعية المنتوجات: في حالة التناوب المعمّم ازدادت نسبة المراجعات بصورة كبيرة. كذلك الأمر في الاتّحاد السوفياتي.

إنّ مصنع السيّارات السويدية ساب SAAB، بعد ستّة أشهر من تجربة توسيع المهامّ، اضطّر للعودة إلى طريقة التجزئة بناء على طلب العمّال. بالنسبة لمصنع فيات الجديد، في كاسّينو، فقد قسّم بالفعل السلسلة إلى أربع، لكنّ المصنع صمّم بطريقة تمكّنه من العودة إلى النظام السابق وبالتالي إلى السلسلة التقليدية. لا يمكن الإنكار أنّ توسيع المهامّ يتطلّب تأهّلاً متقدّماً أكثر من جهة، ومن جهة أخرى، والتسليم بهذا الأمر هو أقلّ، مسؤولية أكبر. قد تفضي المزاحمة التي ينتظرها البعض من هذا النوع من التنظيم إلى تسارع في الصناعة، والمراقبة التي تخضع لها المجموعات حول عملهم الخاص إلى توتّر عصبي أكبر.

على أيّ حال يبدو أنّ التقنيات المتطوّرة وتنظيماً جديداً للعمل تؤدّي إلى تباين أكثر في الطبقة العاملة. عندئذ يُتهمّ البعض، أي أرباب العمل، بأنّهم يشجّعون هذه الحركة لأنّها تعزّز نفوذهم، والبعض الآخر بأنّهم يمتنعون عن هذا الإجراء. إذن نشعر بدرجات متفاوتة من الإبهام بأنّ التقنية، في مجال الإنتاج، تفرض قيودها على المجتمع، أو على الأقل عدداً من

قيودها في قطاعات متنوّعة جدّاً. وقد كتب هـ. مندراس H.Mendras في «نهاية الفلاّحين» أنّ «اليوم، تقلب الثورة الزراعية الثانية كلّ البنيات وتكسر التوازن الحكيم». لقد بقيت المجتمعات الزراعية لفترة طويلة مجتمعات ما قبل آلية وما قبل رأسمالية؛ خلال القرن الثامن عشر، نتج عن تعديل المناوبة الزراعية وإلغاء استراحة الأراضي انقلاب عميق في المجتمعات الريفية. الشيء نفسه اليوم مع الآلات، علم التربة والكيمياء. ويذكر ب. هتمان P.Hetman:

إنّ تسارع التغيّر التقني هو الظاهرة الأقوى في المجتمع الحديث. تأثيراته متغيّرة الأشكال وكلّية الوجود؛ إنّها تتعلّق بكلّ جوانب الحياة اليومية للأفراد كما باتجاه وبقاء المؤسّسات الاقتصادية، الاجتماعية والسياسية. إذا كان من الصعب تقدير الطبيعة الدقيقة لهذه التأثيرات، فهذا لأنّ التغيّر التكنولوجي هو غير متناظر بشكل خاص: إذ إنّ بعض التطوّرات التكنولوجية تميل نحو التغيير الإجتماعي المطلوب، بينما تُترجَم التطوّرات الأخرى بردود فعل معاكسة لما كان يُتوقّع. نلاحظ هذا مثلاً في ما يتعلق بتركّز المؤسّسات، باختفاء الشركات غير المربحة، أفول المناطق المتخصّصة ببعض الصناعات التقليدية، استبدال التقنيات السريع، بطلان المعلومات، انخفاض درجة الكفاءات المهنية، تدنّي قيمة الخبرة المكتسبة: إنّ مختلف نواحي التغيّر هذه تؤدّي لا محالة إلى عدم الاستقرار وعدم التواصل في التطوّر الاجتماعي. هنا لم يعد بإمكاننا أن نبقى عند النظرة التقليدية التي كانت تضع علاقة بسيطة بين التكنولوجيا وتأثيراتها على المدى البعيد؛ ففي الحقيقة لقد أصبح إيقاع التغيّر، بحكم سرعته، إحدى المتغيّرات الأساسية في التطوّر التكنولوجي، بشكل أصبح من الصعب معه القول ما هو السبب وما هي النتيجة.

في ما يتعدّى هذا الأمر، قد يكون من الصعب المقارنة بين التطوّر التقني والتحوّل الاجتماعي الشامل. معروف جدّاً أنّ هذا التحوّل يتعلّق بالإيديولوجيات التي قد تكون متنوّعة، وبشكل خاص بالفكرة التي نكوّنها عن حقّ الملكية، أكثر منه بالتقنية بحدّ ذاتها. إلاّ أنّ مختلف هذه التصوّرات حول المجتمع لا تخفي كلّياً بعض النقاط المشتركة التي تشير إلى النفوذ الذي تتمتّع به التقنية أكثر فأكثر، في مجتمعاتنا الحديثة ومهما كان النوع. ففي الواقع قبل السلطات الاجتماعية أو السياسية، هناك سلطات القرار الحقيقية. إنّ ثروات الماضي، التي ما تزال تتمتّع بغلبة ظاهرة، التأثير الناتج عن الملكية أو الرتبة الاجتماعية، أو التمكّن من فنّ الكلام، هي أمور بدأت تفسح المجال أمام المعرفة التقنية. وبالإمكان الربط بين نوعي النفوذ عبر أنظمة تربوية تعزّز الأوضاع المكتسبة، ولكن هناك حالات، آخذة في الازدياد، وبسرعة، تتفوّق فيها المعرفة التقنية على سائر المواريث.

«الفنّي»، عبر معرفته الاختصاصية، عبر ضرورة المرور به شئنا أم أبينا، الذي يملك بالنهاية حقّ القرار النهائي، هل هو أو هل سيصبح سيّد المجتمع؟ يقول غالبريث Galbraith

إنّه في أساس «الكيان الصناعي الجديد» هناك «التكنولوجيا». ويتابع أنّ التكنولوجيا، كما نعرف منذ سنوات، دفعت بعمليّة تقسيم المهامّ إلى الأمام. كلّما زادت تعقيداً، وجب تحديد المهمّة بدقّة أكبر كي يمكن تجزئتها إلى مهامّ عديدة، ما يؤدّي بالطبع إلى تخصّص أكبر فأكبر. ويقول غالبريث إنّ هذا التخصّص يقابله التنظيم. «أكثر من التجهيزات، التنظيم الشامل والمعقّد للمؤسّسات هو الظاهرة الملموسة للتكنولوجيا المتقدّمة».

كلّ شيء يجب أن يكون متناسقاً. «بالإمكان تحديد تنظيم المؤسّسة كطبقية للّجان». كذلك الأمر من جهة أخرى بالنسبة للدولة، كما سنرى بمعرض حديثنا عن التقنية والسياسة. من هنا كون الدماغ الحقيقي للمؤسّسة يكمن في المجموعة المكوّنة من الذين يزوّدون تلك الفرق بالمعلومات المتخصّصة. «لا يوجد اسم لمجموعة الذين يشاركون بأخذ القرار الجماعي ولا للتنظيم الذي يكوّنونه. لذا أقترح على هذا التنظيم اسم البنية الفنّية».

سنكون نوعاً ما بصدد مجتمع تمسك فيه الجدارة التقنية بزمام الأمور، لذا لا ندهش من كثرة الدراسات، الأبحاث والمحاولات في هذا الميدان. من كتاب برنهام Burnham «عصر المنظّمين» (صدر في الولايات المتّحدة سنة 1941) إلى كتاب ميلز Mills «الياقات البيضاء» (1951) نرى العالم الغربي موصوفاً لنا مع سيطرة آخذة في الكبر من قبل التقنيين. ولا شكّ في أنّ الأمر كذلك في العالم الشرقي كما يدلّنا كتاب «الطبقة الجديدة» لديلاس Djilas. في هذا المجال تنكشف لنا تحت تأثير التقنية الفنّية، وفوق كلّ المعارضات، هويّة مدهشة. كلّ خلل في المجتمع يجب تصحيحه؛ في الواقع توازياً مع صعود الطبقة الفنّية، تظهر سلطات موازنة. هناك أوّلاً ظاهرة تجب متابعتها عن قريب، ففي بعض المجتمعات المتصلّبة بعض الشيء، كما هو الحال في فرنسا، يُحتمل أن تكون هذه الطبقة الجديدة من الفنّيين وأصحاب الخبرة قد انبثقت في الواقع عن الطبقات القديمة التي كانت تسمّى الطبقات الموجِّهة، واكتشفت في الوقت المناسب هذا الشكل الجديد للنفوذ كي تشارك في الحفاظ على البنيات الhجتماعية التقليدية. من جهة أخرى تُعتبر الحركة قديمة نسبياً وتدلّنا على هذا دراسة حول مدرسة البوليتكنيك تعود إلى نحو منتصف القرن التاسع عشر.

كان ميشال كروزييه Michel Crozier يؤكّد أنّ سلطة صاحب الخبرة تتناقص كلّما تسارع التطوّر وذلك بحكم البطلان السريع للمعلومات. ولكن من جهة أخرى تقوم في الولايات المتّحدة مثلاً مجموعة كاملة من الأجهزة المعدّة للحدّ بشكل أو بآخر من نفوذ التقنية. إلا أنّه لا يجب أن تقتصر اللعبة على صراع بين مجموعتين أو عدّة مجموعات من الفنّيين. لا شكّ في أنّه في البلدان المركزية، يعزّز نظام المدارس العالية من سلطة التقنيين بدرجة كبيرة.

لا يتّسع لنا المجال هنا لمعالجة كلّ المشاكل التي تتعلّق بذي الحدّين التقنية والمجتمع؛ ويبدو أنّه عُمد أحياناً إلى إخفاء البعض منها. للوصول إلى نتائج قيّمة ينبغي إعادة النظر بعمل كامل. من جهة أخرى بديهي أنّ النظام الاجتماعي لا يتعلّق فقط بالنظام التقني لكن لا تعنينا هنا في هذا الفصل القصير معالجة كلّ نواحي المجتمع. من المؤكّد أنّ المجتمع الحالي هو مجتمع انتقالي، يتأثّر بالإيديولوجيات السياسية، بالعادات والتقاليد الاجتماعية. وما هو مؤكّد على أيّ حال أنّ التقدّم التقني سيلعب دوراً مهمّاً في التطوّرات المقبلة.

برتران جيل
Bertrand Gille

بيبليوغرافيا

إنّ المؤلّفات التي وضعت حول الموضوع كثيرة جدّاً وتشغل مكتبات كاملة، لهذا اقتصرنا على اختيار كمّية معيّنة. وقد قمنا بهذا الاختيار على أساس مقياسين اثنين: يعود الأوّل إلى نوع من العصبية حيث فضّلنا الكتابات الفرنسية، والثاني هو عبارة عن تصحيح لهذا الأمر حيث تتضمّن الكتب التي نوردها بيبليوغرافيات مهمّة، بمختلف اللغات، تسمح بإرشاد القارىء.

ر. آرون R .Aron، «Dix -huit leçons sur la société industrielle»، باريس، 1962.

ك. أكزيلوس K. Axelos، «Marx , penseur de la technique»، باريس. 1961.

ف. بيداريدا Fr. Bedarida و ك. فوهلين Cl. Fohlen، «Histoire générale du travail: l'ère des révolutions»، باريس، 1960.

ج. بيلي J. Billy، «les Technocrates»، باريس، 1975.

ج. برنهام J. Burnham، «L'Ère des organisateurs»، باريس، 1947.

ماتي كوليية Mathy Caulier، «La Composition d'un prolétariat industriel, le cas de l'entreprise Cockerill» في «مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، IV 1963، ص 207-222.

م. كروزييه M. Crozier، «Le Phénomène bureaucratique»، باريس، 1971.

م. كروزييه، «Les Employés de bureau»، باريس، 1967.

ج. دوبوا J. Dubois، «Les Cadres, nouveau Tiers -État»، باريس، 1971.

ج. دوفني G. Dofny، ك. دوران Cl. Durand، ف. د. رينوه F.D. Reynaud و أ. توران، «Les Ouvriers et le progrès technique»، باريس، 1966.

ج. ب. دومون J.P. Dumont، «La Fin des O.S.»، باريس، 1973.

م. دوران M. Durand، «De l'empirisme à la programmation: politiques

d'adaptation de la main - d'œuvre au changement technique» باريس، 1966.

ج. إيلول J. Ellul، «La Technique ou l'enjeu du siècle»، باريس، 1954.

ج. فالّوه J. Fallot، «Marx et le machinisme»، باريس، 1966.

د. فوشيه D . Faucher، «le paysan et la machine»، باريس، 1954.

ج. فريدمان G. Friedmann، «La Crise du progrès»، باريس، 1936.

ج. فريدمان، «Problèmes humains du machinisme industriel»، باريس، 1946.

ج. فريدمان، «Où va le travail humain»، باريس، 1963.

ج. فريدمان، «Le Travail en miettes»، باريس، 1964.

ج. فريدمان، «Sept études sur l'homme et la technique»، باريس، 1966.

ج. فريدمان وب. نافيل P. Naville، «Traité de sociologie du travail»، باريس، 1964.

ب. جيل B. Gille، «La Formation du prolètariat ouvrier dans l'industrie sidérurgique française»، في «مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، 1963 IV، ص 244-251.

ج. هـ. هارداك G. H. Hardach، «Les Problèmes de main-d'œuvre à Decazeville»، في «مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، VIII، 1967، ص 51-68.

ف. هتمان Fr. Hetman، «La Maîtrise du futur»، باريس، 1971.

ف. هتمان، «La Société et la maîtrise de la technique» ، O.C.D.E، 1973.

أ. كوسيوسكو - موريزيه A. Kosciusko-Morizet، «La Mafia polytechnicienne»، باريس، 1973.

ر. ب. لينتون R.P. Lynton وج. ف. سكوت J.F. Scott، «Le Progrès technique et l'intégration sociale»، اليونيسكو، 1953.

س. مالّيه S. Mallet، «La Nouvelle classe ouvrière»، باريس، 1969.

هـ. ماركوز H. Marcuse، «L'Homme Unidimensionnel»، باريس، 1968.

م. ميد M. Mead، «Sociétés, traditions et technologie»، اليونيسكو، 1953.

م. مايسنر M. Meissner، «Technology and the Worker»، شاندلر Chandler، 1969.

هـ. مندراس H. Mendras، «La fin des paysans»، باريس، 1967.

هـ. مندراس، «Les paysans et la modernisation de l'agriculture»، باريس، 1968.

ك. ر. ميلز C.W. Mills، «Les Cols blancs»، باريس، 1966.

د. موث D. Mothe، «Les O.S.»، باريس، 1972.

ب. موتّيه B. Mottez، «La Sociologie industrielle»، باريس، 1975.

م. ميسكا M. Myska، «Traits sociologiques de la formation du personnel des usines sidérurgiques de Vitkovice»، في «مجلّة تاريخ الصناعة الحديدية»، 1963 IV، ص 223-243.

ب. نافيل P. Naville، «L'Automation et le travail humain»، باريس، 1961.

ب. نافيل، «Théorie de l'orientation professionnelle»، باريس، 1972.

ج. ريشار G. Richard، «Noblesse d'affaires au XVIII[e] siècle»، باريس، 1974.

أ. توران، «L'Evolution du travail ouvrier aux usines Renault»، باريس، 1955.

أ. توران، «Ouvriers d'origine agricole»، باريس، 1961.

أ. توران ومعاونوه، «Histoire générale du travail: la civilisation industrielle»، باريس، 1961.

أ. توران، «Les Travailleurs et les changements techniques»، O.C.D.E.، 1965.

أ. توران، «La Société post-industrielle»، باريس، 1969.

م. فيري M. Verry، «Les Laminoirs ardennais. Déclin d'une aristocratie professionnelle»، باريس، 1955.

و. هـ. وايت W.H. Whyte، «L'Homme et l'organisation»، باريس، 1959.

O.C.D.E، «Principes méthodogiques pour l'évolution sociacle de la technologie»، باريس، 1965.

في كرّاسات C.N.R.S لدراسة المجتمعات الصناعية: «Techniciens et ouvriers»، باريس، 1962.

«Sociologie et changement technique»، باريس، 1963.

«Classes de travail, automation, urbanisme»، باريس، 1964.

«Autorité, technologie et emploi»، باريس، 1966.

يمكننا كذلك الرجوع إلى عدد خاص من مجلّة «الحركة الإجتماعية Le Mouvement Social»، العدد 97 (تشرين الأوّل ـ كانون الأوّل 1976): «Naissance de la classe ouvrière».

الفصل الخامس

التقنـية والقانون

قد يبدو من المستهجن التقريب بين القانون والتطوّر التقني. الأمر هنا هو تقريباً مثله في مجال الاقتصاد السياسي: فالتقنية، بحدّ ذاتها وليس من حيث نتائجها العديدة، تندمج بصعوبة مع القانون. هكذا يفضّل رجال القانون الكلام عن «قِدم القانون بالنسبة للتطوّر الاقتصادي»، الذي يُفترض به أن يتضمّن تطوّر التقنيات. يظهر أنّه يتعيّن المضي أكثر إلى عمق الأمور.

القانون هو بشكل أساسي قاعدة العلاقات بين الأفراد ولا يتناول الأشياء المادّية إلاّ من خلال هذه العلاقات البشرية. في مجال الملكيّة، لا يقع الاعتداء على الشيء المملوك بل على المالك. القانون قلّما يطال الشيء المادّي بحدّ ذاته وإن فعل فعندما يكون هذا الشيء المادّي موضوع دعوى معيّنة أو أحد العناصر التي قد تعالج الدعوى. هكذا مثلاً بالنسبة للمقاييس القانونية وفي أيّامنا بالنسبة للمعايير التي تُستخدم بشكل أساسي لتحديد غرض الدعوى.

من الواضح أنّ التقنية الجديدة توجد غالباً، بين الأشخاص الذين تطالهم، علاقات جديدة. كذلك الأمر في الحياة الاقتصادية والاجتماعية. إنّ تطوّر التقنيات يلزم القانون بالتطوّر، بالتحديد لحظة ظهور هذه العلاقات. عندما ظهرت السيّارة وحلّت مكان عربة الجياد، كان من الضروري إجراء التعديل في كلّ قانون المرور. بالتالي نتج عن هذا وضعان اثنان: قانون جامد يعيق التطوّر التقني، وهذه حالة العديد من البلدان غير المتطوّرة، أو تقنية تفرض نفسها بصورة فوضوية نوعاً ما عند غياب قانون متكيّف معها. في الواقع تجدر الإشارة إلى أنّ القانون يتبع ببطء أحياناً تطوّرات التقنية: التقرير المكتوب بخطّ اليد بالرغم من ظهور الآلة الكاتبة،مع أنّ قلم الكلّة اعتمد بسرعة، النسخة الأصلية وليس الصورة أو الميكروفيلم، الخ.

نقترح هنا أن نستعرض ثلاث نواح من هذا الإلزام الذي تمارسه التقنيات على القانون. تتعلّق الناحية الأولى بملكية التقنية، إمّا القائمة، إمّا الجديدة وفي هذه الحالة سنرى كيف

يتسارع التطوّر. بعد ذلك وجب وضع بعض قوانين الحماية ضدّ انتهاكات تقنية معيّنة: هذه الحماية تتعلّق إمّا بمستعمِل التقنية، إمّا بمستهلك منتوجات التقنية، إمّا بالجار؛ وأخيراً بالنسبة للتقنيات الحديثة جدّاً، وجب تجنّب الاعتداءات التي قد تسمح بها. الناحية الأخيرة تتعلّق بالقانون الدولي وبالترتيبات والتجديدات التي تستدعيها حتماً بعض التقنيات. من الواضح أنّه إذا كان التطوّر التقني يقلب أحياناً العلاقات بين الأفراد، فهو يفعل كذلك بالنسبة للعلاقات بين الأمم.

قد يكون إذن من الطبيعي دراسة تطوّر العلاقات بين الأفراد وبين الأمم تبعاً للتطوّر التقني أكثر من التكلّم بإسهاب عن تطوّر القانون، عن التطوّر المتوازي للقانون. إذ عبر هذا الأمر نتمكّن من رفع المسائل التي لم يتمكّن بعد التشريع أو التقنين الحاليان من حلّها، حيث لا تستطيع أحكام القضاء بشكل عام أن تحلّ مكان الثغرات في القانون. ولكن بدا لنا أكثر أهميّة الإشارة إلى هذا التطوّر للقانون، مسنوداً بالطبع بمفهوم التطوّر التقني، مع احتمال لفت النظر إلى الثغرات.

النظام التقني هو نظام علاقاتْ أو أنّه بالأحرى يرتبط النظامان ببعضهما بشدّة. لا يمكن الاستغناء لا عن التقنية ولا عن القانون، وكما بالنسبة لكلّ الأنظمة الأخرى من الضروري جدّاً الترابط بين هذين النظامين. في الواقع إنّ صعوبة إدراكنا للتطوّر التقني ولنتائجه هي التي تحدث هذه التنافرات وهذه التأخرّات التي غالباً ما نلحظها اليوم. هنا أيضاً لم يكن البحث كافياً.

القوانين الوطنية

إنّ أولى انعكاسات التطوّر التقني، أو التقنية، على القانون حدثت طبعاً داخل الحدود الوطنية. فقط عندما أخذت التقنيات حجماً كبيراً وبارزاً طُرحت المسألة على مستوى القانون الدولي، الذي كان هو أيضاً بقي طويلاً في طوره الجنيني.

ملكيّة التقنية

يمكننا النظر إلى ملكيّة تقنية معيّنة بطريقتين اثنتين. الأولى، وهي التي كانت أسرع في الظهور، هي التفرّد باستعمال تقنية معروفة، ولو قديمة نسبياً. الثانية، وقد جاءت متأخرّة جدّاً عن الأولى، هي في الواقع قانون الملكية الفكرية، أي قانون الاختراع.

إنّ ملكية استثمار تقنية مشتركة هي حقّ ذو طابع اقتصادي أكثر منه تقني. هذا الحقّ قد يكون موضع تملّك خاص، هكذا مثلاً الإلزاميات خلال القرون الوسطى، حيث كان الاستعمال المتفرّد لطاحونة القمح التي يملكها السيّد، إذا أردنا الاقتصار على مثل واحد،

الذي يرافقه أحياناً منع للمطاحن اليدوية، هو عبارة عن احتكار لإحدى التقنيات. هل كان يعتبرها وسيلة للحفاظ على نفوذه على قوم معيّن؟ هل بسبب مردودية استثمار لا يُستهان بها؟ يجدر بنا أن نعرف ما إذا كانت الإلزامية قد ظهرت لحظة الانتشار الكبير لطاحونة المياه، أي انطلاقاً من الثلث الثاني للقرن الثاني عشر.

امتيازات الدولة هي من نفس النوع، إلاّ إنّها تنبثق غالباً عن اعتبارات اقتصادية وعن إعتبارات سياسية. إنّ التقنية المشبعة، ولكن التي تبقى ضرورية، ترى حتماً مردوديّتها تتراجع، خاصّة تجاه المنتجات الجديدة. عندئذ تحلّ الدولة مكان الأجهزة الخاصّة التي كانت تقوم بإدارة هذه التقنية: هكذا كان بالنسبة لسكك الحديد تقريباً في كلّ مكان، وبالنسبة لاستثمارات مناجم الفحم الحجري في عدد من البلدان. ولكن هناك أيضاً تقنيات أخذت، بحكم نموّها وتطوّرها، مكان الغلبة في النظام التقني الشامل وفي حياة الأمّة. في هذه الحالة عمدت الدول، من أجل الحفاظ على استقلاليتها إزاء النفوذ الذي تضعه هذه التقنيات في متناول بعض المجموعات الخاصّة، إلى إدخالها في الميدان العام: هكذا مثلاً بالنسبة للكهرباء، للطاقة الذرّية، لبعض تقنيات الإعلام والاتّصال. ولكن تجدر الإشارة إلى أنّ إجراءات «التأميم» هذه ليست عامّة وأنّه قد تظهر التباسات مع حالات أخرى شبيهة حيث لا يلعب العامل التقني أيّ دور على الإطلاق.

لقد أدّى التطوّر التقني، على المدى الطويل، إلى ظهور فرد متميّز هو المخترع. من الملفت أنّه من ضمن كلّ الإنتاجات الفكرية، كان الاختراع التقني أوّل ما فكّرنا بحمايته، عبر خلق امتياز لصالح المخترع، على الأقلّ مؤقّتاً، قبل الحقوق الأدبية أو الفنّية بكثير.

لا شكّ في أنّ «البراءة»، في أوّل ظهور لها، قد وُلدت في وقت واحد مع السياسات المركنتيلية ومع الحركة التقنية الكبيرة في عصر النهضة. وكان الهدف، بنظر الذين تصوّروا هذا الامتياز المؤقّت، تعزيز الاختراع وتشجيعه، لأنّه أحد مصادر الازدهار الوطني. إنّ الصيغ التي استعملت بادىء الأمر هي على قدر من الإبهام والغموض، وتتغيّر من بلد إلى آخر، أحياناً داخل البلد نفسه من سنة إلى أخرى، من تقنية إلى أخرى.

يعود أوّل قانون حول هذا الموضوع إلى جمهورية البندقية، عند نهاية القرن الخامس عشر، بالتحديد سنة 1474. كان الامتياز الذي يُعطى للمخترع يُلحق من جهة أخرى بحظر تصدير التقنيات الجديدة أو القديمة إلى الخارج، تحت طائلة الموت أحياناً. وعلى الفور تقريباً، اتخذت هذه الامتيازات منحى خاصّاً: إنّها تحمي الاختراعات كما استيراد التقنيات غير المعروفة في البلد المستورِد. في القرن السادس عشر، انتشر هذا المنحى المزدوج للامتياز بوضوح. في فرنسا، من أقدم الامتيازات ذلك الذي أُعطي لتسكو موتيو Thesco

Mutio، سنة 1551. لقد كان يخوّل لهذا «السيّد الإيطالي من بولونيا Bologne» حقّ «التفرّد على مدى عشر سنوات بصنع كلّ أنواع الزجاج على طريقة البندقية». كانت إذن بالفعل عبارة عن براءة استيراد. كما أنّ أوّل براءة نيرلندية تعود إلى سنة 1581 وتتعلّق هذه المرّة باختراع. سنة 1594 حصل غاليلي Galilée على «براءة» تتعلّق «ببناء لرفع المياه وريّ الأراضي». كذلك في انكلترا تعود أولى الشهادات إلى العصر نفسه.

النظام القضائي الأكمل كان ذاك الذي صدر في انكلترا سنة 1623، تحت اسم «قوانين الامتيازات»، وعنوانه يدلّ عليه. كان الأمر بالفعل عبارة عن قرار عشوائي من قبل أمير منح امتيازاً لصناعة معيّنة. عندئذ ظهرت للمرّة الأولى بعض خصائص البراءات الحديثة. بشكل خاص بند التجديد، ولكن موسّعاً دوماً إلى استيراد التقنيات المجهولة في البلد والتي قد تكون قديمة جدّاً. من جهة أخرى نلتقي بهذا الوضع في كلّ مكان تقريباً. إنّ نصّ البندقية سنة 1474، البراءات الملكية الفرنسية في 24 تشرين الثاني 1599 أو 23 كانون الثاني 1602، كما المرسوم الانكليزي سنة 1623، تجعلنا نفترض تجديداً، ولكن ليس تجديداً مطلقاً.

في فرنسا يبدو أنّ نظام «الفحص المسبق» للتجديد قد أُقرّ عند نهاية القرن التاسع عشر. إنّ قانون أكاديمية العلوم سنة 1699 يمنح هذه المؤسّسة دور فاحص التجديدات التقنية وفائدة هذه التقنيات الجديدة. وقد احتفظنا بستّة مجلّدات عن «الآلات المقبولة»، هي عبارة عن أوّل شكل من أشكال الدعاية للاختراعات. التصريح الملكي في 24 أيلول 1762 حاول تقنين الممارسات السابقة والحدّ من مدّة الامتياز إلى خمس عشرة سنة. لكن ما يدهشنا هو أنّ هذا التصريح كان يرفض الإرثية المنهجية للشهادة ويحتفظ بها للورثة «الجديرين» دون أن يرسم حدود الإقرار بهذه الجدارة.

كان هناك قاعدة عامّة أخرى في أوروبا حتّى نهاية القرن الثامن عشر. باستثناء أكاديمية العلوم في باريس، في القسم الأكبر من البلاد كانت الامتيازات والشهادات تقدّم القليل جدّاً من التفاصيل التقنية.

بعد المرسوم الإنكليزي سنة 1623 والتصريح الفرنسي سنة 1762، ظهر قانون أمريكي سنة 1790 ونظّم بشكل أدقّ مسألة تسليم الشهادات. إنّه يفرض الفحص المسبق للتجديد المطلق ويوصي بمكاتب من أجل الدراسات الأوّلية مستعيداً بذلك النظام الفرنسي الأصلي لأكاديمية العلوم.

لا يوجد أدنى شكّ بأنّ القوانين الفرنسية التي صدرت في 7 كانون الثاني و 25 أيار 1791 قد أعطت قانون الملكية الصناعية انطلاقته. كانت هذه النصوص تتعلّق «بالاكتشافات

المفيدة وبوسائل تأمين حقّ الملكية للمكتشفين». إذن إلى جانب الاهتمام بالتنمية الصناعية ظهر شكل جديد من الملكية الفردية. مكان رضى التاج، كما في انكلترا سنة 1623 وفي فرنسا سنة 1762، حلّ التزام الدولة بتثبيت حقّ ملكية هذا الممتلك الجديد الذي هو الاختراع. بالمقابل كان المشرّع الفرنسي يرفض فكرة التجديد المطلق ويقبل إذن ضمنياً بأوّل تقدّم للسلطة المكلّفة بتسليم الشهادة. كانت هذه ولا شكّ نتيجة التقدّم التقني في انكلترا ذاك العصر؛ كانت أيضاً عبارة عن تشجيع استيراد التقنيات الأجنبية. إنّ نصّ أوّل إستيراد اختفى مع قانون ٥ تمّوز 1844 لأنّ البعض كان يرى فيه كابحاً لانتقال التكنولوجيا.

كما لاحظنا فإنّ قوانين سنة 1791 كان ينقصها الأساس المبدئي. لقد كان الاختراع مزيجاً من المبتكرات الفكرية والمبتكرات التجارية، وكان بالإمكان النقاش حول الطبيعة القانونية للملكية الصناعية: حقّ الملكية البحت، حقّ الملكية الفكرية، غير المادّية، حقّ الزبائن؟ من جهة أخرى كان الأمر عبارة عن وضع الامتياز في ظلّ نظام فردي وحرّ.

بعد هذا أصبحت البراءة محدّدة جيّداً وكذلك حقّ الملكية. ولكن يوجد أيضاً أداة نشر للتجديدات التقنية، تؤمّن ملكيتها. لقد أصبح إصدار البراءات، في معظم البلدان، متمّماً ضرورياً للقانون الجديد. بعده أدخلت البلدان المتقدّمة اقتصادياً في تشريعها الملكيّة الصناعية، معدّلة فيها أحياناً مرّات عديدة: الولايات المتّحدة (1793، 1809، و 1836)، روسيا (1812)، بروسيا (1815)، هولندا (1817)، النمسا (1820)، السويد (1834)، البرتغال (1837).

هناك نوعان من التشريع يتقاسمان العالم تبعاً للتسليم أو عدم التسليم بالفحص المسبق. «رأي التجديد» هو، حسب الحالة، إلزامي، اختياري، أو عديم الوجود. بادىء الأمر كانت فرنسا وانكلترا تسلّمان البراءات حسب الطلب وتتركان على عاتق الاختبار والمحاكم مسؤولية تقدير قيمة الاختراع، أمّا الولايات المتّحدة وبروسيا فقد اعتمدت الفحص المسبق، ممّا قادها إلى إنشاء مكاتب إدارية متخصّصة في فحص طلبات البراءات. التشريع الأمريكي كان هو الأدقّ: وقد أدّى بالشركات إلى أن تعهد بدفاتر أبحاثها ومختبراتها إلى الكتاب العدول. سنة 1852 اعتمدت انكلترا الفحص المسبق، وتبعها العديد من البلدان، تاركة النظام الفرنسي وحيداً نوعاً ما.

لقد أدّى تطوّر التقنيات حتماً إلى مفاهيم جديدة لم تكن التشريعات القديمة بعض الشيء تعرفها. لنأخذ مثلاً حديثاً: يُعتبر برنامج الكمبيوتر في الولايات المتّحدة، منذ سنة 1964، متعلّقاً بحقوق مؤلّفة؛ في 2 كانون الثاني 1968 صدر قانون فرنسي يسمح ببراءة هذه البرامج. إلاّ أنّ هذه الحمايات ليست موجودة في جميع البلدان.

إنّ مفهوم «سرّ المهنة» (Know how) الذي أُبرز حديثاً، هو مثل جيّد عن هذا التحوّل

في المفاهيم: تطوّر التقنيات ومظهرها الآخذ في التعقيد أدّيا إلى الالتباس في مفهوم البراعة. وهذا المركّب الجديد يفلت بشكل عام من مقاييس منح البراعة. إذا كانت العبارة قد استُعملت على ما يبدو منذ سنة 1916، فإنّ الصيغة أصبحت مألوفة منذ حوالي ثلاثة عقود. سرّ المهنة يرتبط بالمهارة، بالجدارة، بالخبرة. سنة 1961 صرّحت غرفة التجارة الدولية بأنّ «سرّ المهنة الصناعي يعني المعلومات التطبيقية ـ الطرق والمعطيات ـ الضرورية من أجل استعمال فعلي ووضع التقنيات الصناعية موضع العمل. سرّ المهنة هو ممتلك له قيمته الاقتصادية وعلى القانون أن يحميه.» واضح أنّ رجل القانون كان يجد نفسه إزاء مفاهيم يصعب الإمساك بها: ما هو بالضبط سرّ الصناعة، الذي كان يعزّ على مشرّعي واقتصاديي بداية القرن التاسع عشر؟ ما هي بالضبط المعلومات التقنية التي تُنقل عن طريق أداء للخدمات الشخصية، ما هي أهمّ فكرة عن التقنية، عن الإتقان، ما هي الطريقة التقنية؟ ولا يمكن لأيّ تشريع أن يقوم إلاّ على مفاهيم موضوعية. مع هذا صرّح ج. أغنيلي G. Agnelli، رئيس شركة فيات Fiat، خلال مؤتمر دولي أقيم في باريس في تشرين الأوّل 1968، بما يلي: «يبدو لي ملحاً وضرورياً أن يتمّ تقنين مادّة سرّ المهنة على الصعيد القضائي (...) لا مجال للشكّ بأنّ سرّ المهنة أصبح اليوم شيئاً ملموساً، شكلاً من أشكال الملكية الصناعية التي يجب حمايتها قانونياً مع الاستعمال المنتشر أكثر فأكثر لها».

في فرنسا أشير لهذا الأمر للمرّة الأولى سنة 1967 في قرار صادر عن محكمة دوي Douai. مذ ذاك، صدر مرسوم في 26 أيّار 1970 يتضمّن تعريفاً له يستحقّ الذكر: «كلّ العناصر ذات الطابع العلمي والتقني التي ترافق اكتساب حقّ الملكية الصناعية أو التنازل عنه، كلّ الدراسات التقنية، المحاولات والأبحاث، المعلومات من النوع العلمي والتقني».

إن عدم وجود قانون لسرّ المهنة يقود إلى تحرير العقود المهمّة في حالة انتقال التكنولوجيا من بلد إلى آخر. تجري الحماية إذن ضمن إطار هذه العقود وبمناسبتها. لكنّ هذا يطرح بالطبع مسألة صحّة الحماية التعاقدية، وهناك بهذا الصدد، في العديد من البلدان، أحكام قضائية متناقضة. وحده مشروع إنكليزي، من العام 1968، كان يحاول تقنين ما كان يُسمّى «المعلومات الصناعية».

منذ فترة انتقلنا من سرّ المهنة إلى كيفية عرضها، أي إلى عرض طريقة استخدام التجهيزات خلال وقت قد يطول أو يقصر، من ستّة أشهر إلى ثلاث سنوات تبعاً للمنشآت. بهذا الصدد وضعت الجزائر قواعد دقيقة للغاية؛ هكذا فقد طلبت من أجل بناء مصنع للحديد على الساحل أن يتضمّن العقد، بالنسبة للشركات الأجنبية المكلّفة بتنفيذ المشروع، الالتزام بتأهيل الإدارة، التقنيين والعمّال الجزائريين فقط ووضعهم موضع العمل

وتسيير الإنتاج وإبرام عقود البيع. من جهة أخرى على المتعاقدين أن يضمنوا، خلال عشرين سنة، الوحدة الحديدية ضدّ مخاطر الأضرار التقنية أو البيع الخاسر في الأسواق العالمية. الأمر هو إذن عبارة عن حماية اقتصادية وأيضاً تقنية.

اليوم يطرح السؤال عن معرفة ما إذا «كانت البراءة أداة تطوّر أو شهادة باطلة». خلف هذا تكمن أسباب عديدة يُضاف بعضها إلى بعض.

الأسباب الأولى هي من النوع الداخلي الصرف. إن لم يكن هناك أيّ مجال للشكّ بالنسبة لفائدة حماية الملكية الصناعية، فإنّ الإجراءات العملية التي يجب اتخاذها أصبحت عشوائية أكثر فأكثر مع تعقّد البنيات التقنية والصناعية. كما ازدادت مخاطر الإفشاء (انتحال، انتقال إنسان من مجتمع إلى آخر، مقاولون من الباطن، اتّحاد شركات، أداء خدمات في الخارج). والمعروف أنّ الحماية الجزائية في هذا المجال هي مجرّدة نسبياً من السلاح: صفة المنحرف، نيّة للغشّ أولاً، اتّصال مع فئة ثالثة، الخ. في البلدان الشرقية، حيث يُقدَّر الاختراع، صدرت نصوص تحمي حتّى التحسينات التقنية. ولكن هنا أيضاً توجد مفاهيم غير واضحة: عقلنة، تجديد، تحسين تقني. كلّ شيء قد يكون مجالاً لتسليم دبلوم أي شهادة يقدّمها المقاول الذي يشهد على صفة وكفاءة صاحب التجديد.

هناك أيضاً نواح أخرى. فالملكية الصناعية انتقلت من الفردي إلى الجماعي على نطاق واسع؛ بعد أن كانت عبارة عن حماية فرد واحد، أصبحت البراءة وسيلة قوّة في الشركات الكبيرة القادرة وحدها، تقريباً، على الحصول على رؤوس الأموال الضرورية للبحث. أفضل مثل نراه عبر مؤسّسة عامّة كبيرة، تحوز على العديد من البراءات، وهي ناسا N.A.S.A. لا سيّما أنّ براءاتها تتعلّق بكمّية كبيرة من الصناعات الرائجة.

من جهة أخرى أصبح تثاقل النظام يشكّل عائقاً كبيراً. كلّ سنة يزداد العالم من 4 إلى 500000 براءة، مقابل 750000 طلب. آجال الدراسة وتعقيد الاختراعات المتزايد تجعل القرارات بطيئة (من ثلاث إلى خمس سنوات) وبالتالي باهظة الكلفة. كذلك فإنّ هذه الآجال قلّما تكون متوافقة مع سرعة التقدّم التقني. الحدود بين الميدان العام والميدان الممنوع ازدادت اختلاطاً. كلّ هذا لدرجة أصبح البعض يعتقد معها بأنّ نظام البراءات هو إعاقة حقيقية للتطوّر التقني بينما يعتبر آخرون أن حسنات الامتياز، ولو كان مؤقّتاً، تدفع على البحث وتتجنّب هدر طاقة البحث الكامنة لدى فرد أو لدى مؤسسة. والبراءة التي تقع عند مفترق طرق بين القانون، التقنية، الإعلام والاقتصاد، تظهر كعامل التقاء لا يجب إغفال قيمته الاجتماعية.

بالنسبة للضمانات فقد أصبحت بشكل عام عشوائية جدّاً، حتّى في البلدان المحميّة

مثل ألمانيا أو الولايات المتّحدة. إنّنا نلحظ في الواقع نسبة مرتفعة من البراءات التي تُلغى في المحاكم. للدفاع عن نفسه، يقوم المتهم بالتزوير بهجوم معاكس وفي معظم الحالات يكتشف ثغرة أفلتت من الفاحص. إنّ تضخّم المادّة الوثائقية يزيد أكثر فأكثر من صعوبة مهمّة البحث عن الأسبقية، كما أنّ انعزال مكاتب الأبحاث الوطنية لا يسهّل أبداً العمليات. والعالم الثالث، أليس بالنهاية موجوداً كي يحتجّ على هذا الشكل الجديد من الاستعمار، الاستعمار التقني، ملك البلدان الغنية؟ عندئذ هل يجب إعادة تشكيل النظام؟ هل يتبيّن وضع براءات معايَرة تبعاً لمقصدها النهائي؟ إنّنا بصدد مشكلة كاملة يجب حلّها على الصعيد الوطني، وكما سنرى لاحقاً على الصعيد الدولي.

الإذاعة والتلفزة تقعان تقريباً عند هذا المفصل من حديثنا، إذ يوجد في الواقع وفي وقت واحد امتلاك للتقنية مع كلّ قوانينها وحماية مستعمليها. ولا داعي لأن نركّز كثيراً على أهميّة وسيلتي الإعلام هاتين: نذكر فقط كمثل أنّ فرنسا كانت تتضمّن سنة 1949، 297 جهازاً تلفزيونياً وما يقارب ٩ ملايين بعد ذلك بعشرين سنة.

بعض المشاكل هي أيضاً نفس مشاكل وسائل التعبير الأخرى، مثل الصحف، وتتعلّق بنفس السياسات. السياسة أيضاً، وليس التقنية هي موضوع قانون البثّ: الاحتكار، تعدّدية المحطّات، وكلّ الحالات الوسيطة. ولكن وجب تقنياً تنظيم التعدّدية في حال وجدت. نذكر أنّه في الولايات المتّحدة كان يوجد، عند بداية العام 1964، 654 محطّة تلفزيون و 5017 محطّة إذاعية. «إنّ التنظيم من جانب واحد وغير المنسّق للموجات لا يمكن القبول به». منذ البدء كان تدخّل الدولة في ميدانها الخاص، وما زال، هو القاعدة. من حيث إنّه كان قد وُضع، من أجل القانون الجوّي، مفهوم نفوذ الدولة على المنطقة الجوّية التي تغطّيها، كان بإمكانها أن تمنع دخول موجات الراديو في هذا الحيّز. ولكن في هذا الحيّز، كان عليها أن تنظّم تقنياً تردّد كلّ من المحطّات بغية تجنّب التداخلات، وهذا حتّى بالنسبة للإذاعات الهاوية. ضمن أنظمة الحرّية، هناك إذن ضرورة للطلب من الهيئة الإدارية التردّد المسموح باستعماله. وبسرعة أخذت المسألة تُطرح على المستوى الدولي.

هناك أسئلة أخرى، على نفس القدر من الأهمّية، طرحتها هذه التقنيات الجديدة ويجد القانون صعوبة في متابعتها: حقوق المبتكر، سرقة البرامج، صعوبات التوزيع والنقل بواسطة الكابلات. حتّى أنّ أحد اختصاصيّي هذا القانون تساءل مرّة ما إذا كان حقّ الإذاعة وحقّ التلفزيون مجرّد أمل.

طرق الحماية

بشكل مباشر أو غير مباشر تعطي تطوّرات التقنية للعلاقات بين الناس مظهراً جديداً

كلّياً أحياناً. هذه العلاقات نفسها هي ذات طبيعة متنوّعة جدّاً، ويمكننا تمييز أنواعها العديدة التي قادت نوعاً ما ليس إلى وضع قانون واحد وحسب، بل قوانين خاصّة بكلّ من التقنيات المعنية.

القوانين العادية

إنّها القوانين المتداولة، حيث كلّ واحد يتحمّل المسؤولية، كمستعمِل أو كمستهلِك، قوانين تغطّيها عقود، مضمرة أم غير مضمرة.

I . يتعلّق أوّل هذه القوانين بمستعمِل التقنية، من حيث المخاطر التي تمثّلها هذه عِلى ذاك. وبالطبع هذا القانون ذو الطابع التنظيمي بشكل عام يجب أن يُطوَّر كلّما تغيرّت التقنيات. لقد سبق للأنظمة المنجمية في القرون الوسطى أن اهتمّت بالأمر، ولكن بشكل رخو نوعاً ما. كان قانون الشقّ ووضع السراديب يهدف إلى حماية عامل المنجم كما مالكي باطن الأرض للآخرين، نظراً للتداخل الذي كان يوجد بين مواضع الاستثمار.

في أيّامنا هذه، أكثر ما تُمارس السلطة التنظيمية فعلى مسألة التأمين. أمّا قانون العمل، الذي ينظّم بصورة خاصّة العلاقات الاقتصادية والاجتماعية، فقلّما اهتمّ بها. لقد كانت دوماً السلامة في المناجم شغل الحكومات الشاغل، حيث نجدها في مرسوم سنة 1744 المتعلّق بمناجم الفحم، كما في القانون المنجمي الكبير سنة 1811 وحتّى في تشكيل اللجان المختلطة عند نهاية القرن التاسع عشر.

كلّما تعقّدت التقنيات، وازدادت المخاطر عدداً وأهميّة، كان هذا التقنين يتطوّر بطريقتين. هناك أوّلاً بعض القواعد التي يجب احترامها بالنسبة للآلات نفسها، من حيث صناعتها كما من حيث الحماية، ثمّ هناك قواعد الاستعمال. نذكر كواحدة من أولى هذه القواعد وضع طابع على مكنات البخار بعد خضوعها لمراقبة دائرة الدولة.

لنأخذ، تقريباً من الطرف الزمني الآخر، آلة معقّدة هي السيّارة. تتعلق القوانين بالمحرك، الذي يخضع للفحص، وعلى بعض الملحقات (مصابيح، مكابح، الخ.). هناك العديد من الإجراءات التي تميل إلى حماية المستعمل كما حماية الآخر الذي تفرض عليه السيارة مخاطرها التي لا شأن له بها: المعروف أنّ قانون الطرقات انبثق عن السيّارة. أحد الإجراءات الأخيرة هي الأكثر إثارة للدهشة: شدّ الأحزمة الإجباري. وهذا الإجراء يحمي نوعاً ما المستعمل في آن واحد من عدم انتباه الآخرين ومن عدم انتباهه شخصياً؛ في هذه الحالة الأخيرة يحمي القانون الفرد من نفسه. إذا كان التلقيح الإجباري حماية للشعب كلّه، وبالتالي إذا كانت عدم مراقبته تتسبّب بمخاطر على الآخرين، فليس هناك أي إلزام رسمي بالخضوع للعملية في حال التهاب الزائدة وليس للطبيب أيّ حقّ بإجرائها بالقوّة. كما أنّه لا

يوجد قانون ضدّ الانتحار، عدا عن قانون أخلاقي معيّن.

بالطبع لطرق الحماية هذه نواح أخرى: ناحية اجتماعية حتماً، ولكن أيضاً مالية. وقد التفتنا متأخّرين إلى هـذا الأمر لأنّ أوّل إجراء يتعلّق بحوادث العمل، في فرنسا، يعود فقط إلى 2 تشرين الثاني 1892. سنة 1970، في فرنسا، بالنسبة لِ 12607785 أجيراً، كان هناك 1110173 حادثاً، 2268 منها قاتلة. يجب إضافة 170328 من حوادث الطرقات ومن بينها 1558 حادثاً قاتلاً. إنّها التقنيات الأقلّ تطوّراً، بمعظمها على الأقلّ، التي تشهد العدد الأكبر من الحوادث القاتلة: بناء (910)، صناعة معدنية (318). بديهي أن تكون الكلفة بالنسبة للمجتمع باهظة: لا يجب أن ننسى هذه الناحية المالية للحماية، حيث إنّ هذه الأخيرة تشكّل قسماً من المصلحة العامّة.

II ـ كذلك أدّت تحسينات التقنية إلى تطوّر بعض أشكال الملكية، بشكل أساسي الملكيات غير المادية. هذا الدور لا تلعبه التقنية بحدّ ذاتها بقدر ما يلعبه إنتاج بعض التقنيات. يتعلّق الأمر في الواقع بمفهوم العمل القابل للنسخ وكلّنا يعرف مدى تطوّر طرق النسخ.

هنا الفوارق الزمنية كبيرة جدّاً. بادىء الأمر طُبِّقت هذه الحماية على الأعمال المطبوعة؛ في الواقع كان الامتياز مؤمّناً، وحتّى نهاية القرن الثامن عشر، بواسطة مرسوم من قبل الملك. إلاّ أنّه حصلت في هذه الأثناء، خاصّة انطلاقاً من أقصى نهاية القرن السابع عشر، عمليات تزوير صعبت ملاحقتها لا سيّما أنّها كانت تأتي من الخارج. الثورة خلقت مرّة أخرى حقّاً جديداً في الملكية، منذ يوم اختفاء الامتياز الملكي. كان قانون سنة 1793 حول الابتكارات الفنّية والأدبية يقرّ للفنان أو للأديب بحقّه المطلق بملكية عمله.

أعيدت صياغة هذا التشريع كلّياً بواسطة قانون 17 آذار 1957، فقد كانت إعادة الصياغة هذه ضرورية جدّاً بسبب تكاثر وسائل النسخ والنشر: الصورة الملوّنة، الأسطوانة، الراديو، التلفزيون، الشريط المغنطيسي (الميني كاسيت)، النسخ الفوتوغرافي، كلّها طرق نشر كان مشرّع سنة 1793 يجهلها بالطبع. سنة 1954 حُرّر أحد حقوق النشر على الشكل الآتي: «كلّ حقوق النسخ، الترجمة والاقتباس محفوظة...» فأصبح سنة 1974: «كلّ حقوق النسخ، ولو جزئياً، وبأيّ شكل كان بما فيه التصوير الفوتوغرافي، الميكروفيلم، الشريط المغنطيسي، الأسطوانة أو غيرها، هي حقوق محفوظة».

لكن التقنيات الجديدة هي بحدّ ذاتها مبتكرة لأعمال خاصّة تجدر حمايتها على منوال الإنتاج الأدبي: الأسطوانة قد يُعاد طبعها أو قد تُسجّل على شريط، الفيلم أو الصورة قد يُنسخان. لنذكر، عن كتاب حديث، الأسئلة التي قد تُطرح بشأن الصور

الفوتوغرافية: ما هي الصور التي تستفيد من حقّ للتأليف؟ هل يمكن سرقة فكرة المصوّر؟ هل يمكن إسناد الصورة؟ كيف يتمّ تزوير الصورة؟ هل توجد منافسة غير مشروعة أحياناً في مجال التصوير؟ ما هو امتياز المصوّرين الشرعي؟ هل من يطلب صورة معيّنة يصبح مالكاً لها؟

هذا الأمر زاد تعقيداً بحكم وجود طريقة نشر سهلة ويمكن إخفاؤها: النسخ التصويرية. منذ نهاية العام 1960، نما سوقان جديدان هما سوق النسخ التصويرية وسوق ألبومات الصور. في الحالة الثانية يتجّر المصوّر أعماله كما يفعل الروائي بالنسبة لرواياته. ولكن كان يجب الاعتراف بالتصوير كفنّ من الفنون: ها هو منذ سنة 1938 يرد في متحف الفنّ الحديث في نيويورك، معارضه تقام منذ سنة 1950 ومبيعاته العامّة منذ سنة 1971. لقد تحوّل المصوّر من صاحب مهنة إلى فنّان. كيف نثبت حقّه في الملكية، من نسخة إلى نسخة؟ الحقّ هنا، كما بالنسبة للأغنية، ما يزال غير ثابت من حيث إنّ التقنيات تتطوّر باستمرار. العمل الفنّي يغرق جيّداً وسريعاً في الميدان العام فيفقد الفنّان على الفور حقوقه في التحكّم بعمله وبالطبع قسماً مهمّاً من الإيرادات التي كان يحقّ له ربحها.

قانون الإستهلاك

حقّ المستهلك هو أحد الحقوق التي أثارت الجماهير مؤخّراً، على الأقلّ في البلدان المتقدّمة. يكفي أن ننظر إلى عدد المجمّعات، اللجان والجمعيات التي تكوّنت في كلّ مكان تقريباً من أجل مراقبة تطبيق الإجراءات المتّخذة كما من أجل الطلب باستحداث غيرها.

قانون الإستهلاك هذا له جانبان، تقني واقتصادي: لن نهتمّ هنا سوى بالجانب الأوّل.

في ما مضى كان المستهلك يتوجّه مباشرة للمنتج، الذي كان ينجز غالباً كلّ مراحل صناعة المنتوج. في عصرنا الذي يتميّز بالإنتاج الغزير لم يعد الأمر كذلك: لم تنقطع العلاقة بين المستهلك والمنتج فحسب، بل إنّ غرضاً معيّناً قد يكون عمل العديد من المنتجين. نعرف مثلاً العدد الذي تتطلّبه السيّارة من الصانعين، المقاولين، الأكسسوار، الخ. الفولاذ يأتي من قبل منتج نجهله، بعض القطع يصنعها مقاولون من الباطن، المصابيح، الحارق، المنبّه، مسّاحات الزجاج، كلّ من هذه الأمور هو نتيجة عمل صانع مختلف. إنّ تقسيم العمل، وهو فدية التطوّر التقني التي لا بدّ منها، يخفّف المسؤوليات، يضاعف من أنواع الضمانة وبالنهاية يجرّد المستهلك من أيّ سلاح.

خلال القرون الوسطى، أو بالأحرى منذ القرون الوسطى، وضع قانون الصناعات من أجل تأمين نوعية أكيدة للبضاعة. إنّ أولى أنظمة الشركات، وتعود أقدمها إلى القرن الثالث

عشر، لا تتضمّن، من وجهة النظر التقنية، سوى تحظيرات: منع بعض الأجهزة، مثل دولاب المغزل الذي قيل أنّه يصنع عقداً من الخيوط، منع الحلاجة التي حكمت بأنّها أدنى مستوى من الندافة، منع استعمال بعض المواد، لا سيّما بالنسبة للتشحيم وللصباغة. النوعية، المراقبة بحزم، كانت إذن عبارة عن حماية للمستهلك حيث إنّ هذه المراقبة كانت مراقبة ذاتية في معظم المجالات الصناعية.

العصر المركنتيلي، حتّى نهاية القرن الثامن عشر، اعتمد نفس السياسة، مع توسيعها ومع تعميمها. وقد أصبح هذا التقنين أكمل وأكثر تطوّرية أيضاً على مدى تحسّن التقنيات، لكن المراقبة انتقلت من مجال الشركات إلى الدولة وعُهد بها إلى وكلاء بعيدين عن المهن، في فرنسا كان مراقبو المعامل من أكثر الناس إسهاماً في التطوّر التقني. إنّ ظهور المعامل، خارج نطاق الاتحادات والتجمّعات المدينية، استلزم هذا التغيّر على صعيد المراقبة. أمّا الثورة، التي أزالت نهائياً الاتّحادات ومراقبة المعامل، فقد تركت المستهلك وحيداً تجاه مزوِّده.

مؤخّراً فقط عادت مراقبة المنتوجات، بعض المنتوجات، إلى الظهور، لنقل منذ حوالي أربعين سنة على حجم معيّن.

هناك شكل أوّل من التقنين لم تتوقّف أهمّيته عن الازدياد. حيث يتعيّن أن يتمتّع النظام التقني ببعض الترابط في الأبعاد: ماذا يمكن القول عن نظام يصعب فيه وصل منشب التيار، أو إيجاد الحزقة الملائمة للّولب، عن أوركسترا أدواتها غير مضبوطة على ذبذبة محدّدة وشاملة لنوتة «لا»، عن نظام حيث لا يمكن إدخال المواسير ببعضها، حيث كلّ نوع من السيارات له شمعاته الخاصّة، الخ. من أجل التنسيق بين هذه الأمور يلزم إجراء تشريعي يتعلّق بالقياسات، وتنظيم معيّن هو تنظيم المعايير.

القياس هو أحد العناصر الأساسية، وقد تكيّفٌ تدريجياً مع الإلزامات العلمية أكثر منه مع الاحتياجات التقنية. يكفي للاقتناع بهذا النظر إلى التحديدات المتتالية للمتر: مقياس طبيعي بادىء الأمر، عشرة أجزاء من مليون من ربع الدائرة الأرضية، ثمّ عشوائي عن معيار لا يهتمّ بالتغيّرات الحرارية (بلاتين، ثمّ من أنواع الفولاذ الخاصّة مثل الأنفر)، واليوم مقياس علمي. وتثبيت المقاييس هو عملية تشريعية: الأوزان والمقاييس ولكن مع وجود الانسجام في ما بينها. ألا يوجد في هذا نوع من حماية المستهلك من حيث إمكانية الاعتماد على نظام مقاييس مقبول لدى الجميع لأنّه نتيجة وضع المشرّع؟ في كلّ مكان تقريباً تنتشر عملية توحيد المقاييس منذ نهاية القرن السابع عشر. من جهة أخرى فإنّ العلماء يحتاجونها

أيضاً مثل الصانعين والمستهلكين. ولا داعي للتذكير بالعمل المهمّ الذي قامت به الثورة الفرنسية بهذا الصدد.

العنصر الثاني هو المعيار، الذي ظهر متأخّراً أكثر والذي يتعلّق بالكمّيات (الأبعاد) كما يتعلّق بالنوعيات (تحديد المواد المستعملة) . في الحقيقة ما نزال نفتقر لتاريخ معايير مهمّ على أكثر من صعيد. في البدء لم تكن المعايير سوى ممارسات تقنية، أصبحت عادات دون أيّ إلزام قانوني. نذكر مثلاً معيار المدافع الذي اختزل في فرنسا، منذ نهاية القرن الخامس عشر، من 8 إلى 6، من أجل تسهيل التزوّد بالمقذوفات: قد يكون هذا المثل الأوّل عن توحيد النمط الذي كان يستلزمه إنتاج بالجملة. انطلاقاً من نهاية القرن السابع عشر كانت أنظمة صانعي الأجواخ تحدّد عدد خيوط السداة والحبكة وبعد الأقمشة. أمّا صناعة القطع المنفصلة للبنادق فقد بدأت في أوائل سنوات القرن التاسع عشر، في الولايات المتّحدة، عن طريق ويتني Whitney. ولكن كان الأمر يتعلّق بشكل أساسي بتوحيد صناعات الأسلحة، باستثناء حالة الأجواخ. مذ ذاك تكاثرت الصناعات بالجملة، وكان يجب على كلّ سلسلة أن تكون منسجمة مع السلاسل الأخرى المتعلّقة بها، في جميع الميادين وأيّاً كان المنتجون. بدأ الأمر بواسطة اتّفاقات داخل النطاق المهني، وبنوع من التصلّب الإداري تعاونت الأنظمة القانونية مع هذه الاتفاقات من أجل حسن سير النظام التقني. بعد الإقرار، الضمني أو الظاهر، من قبل الهيئة الإدارية، حلّت الإلزامية شيئاً فشيئاً، بالتوازي مع نظام العقوبة. وذلك لأنّ الاتّجاه نحو العمومية في هذا المجال كان أسرع منه في مجالات أخرى. عندئذٍ تبدّلت معطيات المسألة وظهر، نوعاً ما، نوع جديد من القانون.

بسرعة كبيرة انتقلنا من الكمّيات إلى النوعيات وهنا أخذت حماية المستهلك تظهر بوضوح أكبر. لم يعد الأمر مجرّد كناية عن تسهيلات تقنية، مهما كان تبريرها ممكناً، بل عن الاستهلاك الصرف، حيث شهدنا في الحقيقة منع بعض المواد المؤذية، وبعض الأمزجة الخطرة. يتعلّق هذا بشكل أساسي بتحضير المواد الغذائية، ولكنّه قد يطال أيضاً المواد الحارقة المستعملة في البناء أو في ديكور الصروح العامّة. كما ذكر فإنّ «الشارين يطلبون أكثر فأكثر تغذية تختزل من الأعمال المنزلية: مواد محضّرة، أطباق مطبوخة، معلّبات، مجلّدات.. هل يمكن تحقيق هذه التحوّلات دون خطر تلوّث الأغذية الكيميائي؟» إلاّ أنّنا نعرف كم كانت التطوّرات التقنية سريعة في هذه الميادين منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. إنّ استعمال المواد الاصطناعية في تربية المواشي، مبيدات الطفيليات في مجال الزراعة، تلوّث مياه البحر، المعالجات الكيميائية للفاكهة والخضار تطرح الكثير من الأسئلة، التي بقي بعضها دون جواب محدّد.

لقد أثارت هذه الأمور الاهتمام في فرنسا منذ وقت طويل: كان قانون الأوّل من آب 1905 لقمع الغشّ في مبيعات البضائع وفي المواد الغذائية عبارة عن أوّل حماية للمستهلك. تتعلق العقوبات بمرحلة البيع، وكان يتبعها، في القانون، تعداد طويل للحالات التي تطبّق فيها (غشّ في الكمّية، في المصدر، في طبيعة أو نوعية المواد). أمّا المصاعب فعديدة: من جهة يتعيّن تكييف هذا التشريع على الدوام مع تغييرات التقنيات. من جهة أخرى، يتوجّب حتماً على السلطة المركزية أن تأخذ بعين الاعتبار مصالح بعض المنتجين المعروفين بقوّتهم وضغطهم: هكذا كان مثلاً بالنسبة لترويق الخمر بواسطة فروسيانور البوتاسيوم، الذي منعته محكمة التمييز في شهر آذار 1960، ثمّ عادت وسمحت به عبر مرسوم يعود إلى أيلول 1962.

هكذا وُضعت المعايير الفرنسية تبعاً لإجراءات تجمع لحظة سنّها المنتجين، الموزّعين، المستهلكين والهيئات الإدارية العامّة (مفوّض قانوني، أجهزة علمية). إلاّ أنّها تتمتّع بوضع شرعي يعطيها بشكل خاص دوراً مهمّاً في الأسواق العامّة ولكن دون أن يقود دورها الأساسي التعاقدي، المرتبط بمفهوم التوافق والإجماع الذي يقوم عليه، إلى مطابقتها مع الأنظمة القانونية.

في المجال الغذائي، أو الطبّي، تكون إجراءات الحماية أكثر دقّة وحزماً بكثير. نضع جانباً المستحضرات الصيدلية التي يخضع تتجيرها لإذن معيّن، كذلك بالنسبة لعدد من المواد التي لا تخرج عن نطاق التشريع الصيدلي (معجون الأسنان، مستحضرات التجميل، الخ.). أمّا في المجال الغذائي فنرى التشريع يفرض وجوده: طبيعة المواد، الطرق المعتمدة، الشروط، كلّ شيء مضبوط ومنظّم. هنا يقوم المشرّع بإلزام التقنية.

إنّ مفهوم العقد الذي يستند إليه القانون الفرنسي قد خسر اليوم الكثير من قيمته. ففي الواقع يستلزم هذا المفهوم ليس فقط المساواة بين الفرقاء المتعاقدين، بل أيضاً الاختيار، الاختيار الحرّ للمسؤولية الملتزمة. إنّ التوزيع الأوتوماتيكي، الخدمة الحرة، بطاقات الاعتماد انتزعت من المستهلك حتّى الشعور بأنّه يعقد اتفاقاً.

كان يفترض بالدولة أن تُمسك بزمام التشريع، لكنّ هذا الأخير لم يكتمل وبقي هناك دوماً عدم تناسب ساحق في علاقة القوى بين المستهلكين، وإن كانوا مجتمعين، وأقسام القضايا في المؤسّسات الكبيرة الخاصّة أو العامّة. وهناك بعض العقود الشاملة، الموضوعة ليس فقط دون تعديل ممكن، بل أيضاً دون بديل ممكن: الهاتف، الغاز، الكهرباء وحتّى عقد صيانة مرجل الغاز.

لم يعد الأمر موضع شكّ أيّ كان: لقد نجم عن الصناعة والتوزيع بالجملة إطلاق مواد جديدة في الأسواق بسعر أفضل بالطبع، ولكن أيضاً بنوعية أقلّ جودة. لم يكن بالإمكان تحقيق

انتشار المؤسّسات المتواصل على مدى العقود الأخيرة دون التزايد السريع جداً لطلب يتجدّد باستمرار، يشجّعه منح الاعتماد السهل للاستهلاك. هكذا قام اقتصاد الهدر، حيث نرمي بدلاً من أن نصلّح، وحيث إبطال المنتوجات عمداً وتقنيات التجديد المزيّف هي وسائل يضعها التسويق في خدمة النمو والتزايد. من جهته، أوجد التطوّر التقني أجهزة قادرة على الإنجازات متزايدة الصعوبة، ولكن ـ نتيجة منطقية لدقّة أولياتها ـ سريعة العطب أكثر فأكثر.

لم يعد المستهلك قادراً بشكل عام على الحكم بشأن نوعية السلعة والضمانات غالباً ما تكون وهمية. في مجال القانون، أقرّت «ضمانة العيوب المستورة» رسمياً منذ فترة بعيدة، حيث تعود أولى النصوص إلى سنة 1804، لكنّ كيفيّات العمل بها هي، بالرغم من أحكام قضائية تأتي كلّياً في صالح المستهلِك، في وضع يجعل من الصعب جدّاً أن نستفيد منها. أمّا الضمانات الاصطلاحية فغالباً ما تتضمّن بنوداً غير شرعية أبداً. حتّى وإن كانت مراقبة الصناعات بالجملة حازمة جدّاً، لا بدّ من نفايات معيّنة لا يمكن استبعادها كي لا نحمّل الصانع خسارات مالية فادحة. يعتقد البعض بأنّه يجب الإنتاج أقلّ من أجل الإنتاج أفضل، ولكن هل هذا ممكن في مجتمعنا التقني الحالي؟

من جميع النواحي يُنادى بقانون للاستهلاك، قانون عملي، يُراجع دورياً على مدى تطور التقنيات. في هذا المجال يبتعد النظام القضائي كثيراً عن النظام التقني، ولكن يجب أن تُحدَّد فيه القوانين، أن يُحدِّد بالضبط المنتوج وضبيعته، أن توقف الدعايات الخادعة، أن تُقنِّن بكلّ دقّة أعمال ما بعد البيع. القانون ليس متأخّراً وحسب، بل إنّ تأخّره يزيد يوماً عن يوم.

الأضرار

الأضرار هي بشكل أساسي تلك التي تطال فرداً لا يشارك بالنشاط التقني الذي يخضع لنتائجه. قد نعتقد أنّ هذا الأمر هو من فعل التقنيات الحديثة، إلاّ أنّه في الحقيقة أقدم بكثير لكنّه نما بشكل خاص مع بعض التقنيات الجديدة.

تتعلّق الأضرار الأولى بصحّة «المجاورين» الجسدية. ولن نأخذ أكثر من مثلين اثنين، حيث القوانين، بالرغم من سهولتها الظاهرة للوهلة الأولى، تكون أحياناً صعبة التطبيق.

تزداد حضارتنا الحديثة يوماً عن يوم في كونها حضارة ضجيج. لقد كان بوالو Boileau يشتكي من هذا الأمر منذ نهاية القرن السابع عشر، لكنّ الضجيج اليوم أخذ أبعاداً تثير الذهول. تمّ مثلاً حساب أنّ راكب درّاجة نارية غير مزوّدة بخوافت للضجيج يمكنه، عبر اجتيازه للمسافة من نويي Neuilly إلى فينسين Vincennes في الصباح الباكر، أن يوقظ ثلاثمائة ألف شخص. ونعرف كم يؤثّر الضجيج على الصحّة الجسدية والنفسية لدى الأفراد.

هناك إجراءات قانونية مادية كالتي تكلّمنا عنها للتوّ والتي تجبر على تزويد بعض المحرّكات بالخوافت.

وهناك إجراءات أخرى تلزم الأفراد بحدود معيّنة في استعمال بعض الأجهزة. هكذا مثلاً بالنسبة لأجهزة البثّ الحديثة، ففي بعض البلدان أبعدت الترانزستورات من الأماكن العامّة، ومن وسائل النقل المشترك. كما قُضي بتخفيض صوت أجهزة الراديو والتلفزيون من الساعة العاشرة ليلاً إلى الساعة السابعة صباحاً. حتّى لو كان كفاح الضجيج المفرط متقدّماً للغاية، ولو افترضنا أنّ القانون يُطبّق تماماً، تبقى التقنيات الحديثة منتجة لضجيج متواصل ومعظم الأحيان لا يُطاق: سير السيّارات المستمرّ على المحاور المدينية الكبيرة، الإقلاع بعد الضوء الأحمر، المطارات، كلّها مجالات يصعب تطبيق قوانين دقيقة عليها. إذا كان بعض المقاضاة قد جُرّب في حالة المطارات، فإنّ الأحكام لم تستطع، في غياب قانون موضوع جيّداً، أن توقف انتشار هذا الضجيج. هل ستنجح يوماً ما؟

من بين «المضارّ» التقنية الأخرى، هناك واحدة تشغل الرأي العام على أوسع نطاق وهي التلوّث. إنّها في الحقيقة قديمة، تقريباً مثل الضجيج، إلاّ أنّ الصدى الذي تحدثه اليوم ينسينا أنّ الأمر لوحظ منذ وقت بعيد جدّاً. فمنذ القرن الثامن عشر كانت تُتّخذ الإجراءات لإخراج مسالخ اللحوم من المدن، ولوضع المستشفيات والمصحّات بشكل لا يسمح للهواء بحمل الأوبئة إلى السكّان. عندما بدأت المصانع، بفضل التقنيات الإنكليزية، تُنشأ في مكان واحد بدلاً من انتشارها كما في السابق، كان لا بدّ من التفكير بصحّة الأهالي. هكذا ظهر في فرنسا سنة 1810 القانون الكبير بشأن المؤسّسات الوبيئة، وكان عبارة عن أوّل إجراء عام ضدّ ما نسمّيه اليوم بالتلوّث. للحقيقة، في حال لم يكن السكّان من المعارضين للابتكار الصناعي كانت الأمور تسير على ما يرام، حتّى مع وجود المضارّ ظاهرة كانت أم مستورة. وتجدر الإشارة إلى أنّ حالات المعارضة كانت نادرة بسبب الفوائد التي كانت تبدو من وراء إقامة مؤسّسة صناعية ما.

أمّا اليوم فالنظام التشريعي هو أكثر تطوّراً بكثير ولم تعد موافقة الناس المجاورين تتدخّل إلاّ بشكل ضعيف جدّاً، محدود جدّاً، وأوضح أمثلة يمكن أخذها من إنشاءات المفاعلات الذرّية. لقد أصبحت الدوائر المهتمّة بأمور التقنية هي التي تقرّر وتحكم بشأن المضارّ التي قد تحدث في محيط معيّن، واسع أحياناً من الناحية الجغرافية، حيث بإمكان المياه والهواء أن يحملا هذه المضارّ مسافات بعيدة. إذن يمكن منع الإنشاء، إلغاء المصانع أو تغريم الضرائب. وقد رأينا في الفصل الأخير من القسم التاريخي إلى أين يمكن أن تؤدّي هذه الأمور. هناك حالات تستدعي فيها الأجهزة المعدّة لمكافحة التلوّث تكاليف باهظة لا

يستطيع المصنع أن يتحمّلها. في حالات أخرى ترتفع كلفة السلعة لدرجة تعيي الشاري وقد أشرنا إلى هذا بالنسبة للسيّارات.

هناك آثار أخرى أكثر تستّراً ناجمة عن التقنيات الحديثة قد تكون على نفس القدر من الضرر. أكثر تستّراً لأنّها أقلّ ظهوراً ووضوحاً، واكثر فداحة من حيث إنّها تطال الحياة الشخصية والحرّيات العامّة. وتزداد فداحتها عندما تكون نتيجة فعل الدولة تمارسها بصورة منهجية.

أولى هذه التقنيات هي التصوير الذي وضعت بشأنه القوانين، ونلتقي هنا بحالة القانون الجديد الذي ينشأ حول تقنية انتشرت اليوم على نطاق واسع دون أن تكون هي جديدة. لنذكر بعض الأسئلة التي وجدناها في أحد الكتب:

ما هي حقوق الموديل من الصورة؟

ماذا نعني أن نقول «احترام الحياة الخاصّة»؟ مشاهد الشارع، التقاط الصور غير الشرعي؟

لقد تدخّل القانون بشكل خاص في هذه الحالة الأخيرة لا سيّما بعد ظهور الشبحيات المسافية التي لا نعرف معها إن التقطت صورة لنا أو لا. وماذا نقول عن عمليات المونتاج التي أصبح التمكّن منها كبيراً جدّاً اليوم؟ لهذا كان لا بدّ من حماية الحياة الشخصية للأفراد ضدّ انتهاكات لم يكن قانون القرن التاسع عشر في وضع يسمح له بتوقّعها. واليوم توجد دراسات قانونية حول التصوير.

نفس الشيء بالضبط بالنسبة للتسجيلات الصوتية، إن على صعيد التنصّت الهاتفي أو تسجيل الأصوات على شرائط مغنطيسية بواسطة ميكروفونات تختبىء عن أنظار الأشخاص المعنيين، ولن نطيل الكلام كثيراً حول مسألة كانت لسنوات خلت موضوع قضيّة يتذكّرها الجميع. هناك بهذا الصدد تقنين وأحكام قضائية ولكن غير كافية أبداً مع السرعة الكبيرة لتطوّر التقنيات في هذا المجال.

أكثر خطراً أيضاً، لأنّها تطال في آن واحد الحياة والحرّيات العامّة، هي بعض ظواهر التقنيات الحديثة، وبشكل خاص عندما تكون في يد السلطة. وذلك لدرجة نحن معها اليوم بمعرض وضع «شرعة للحرّيات العامّة». لقد ذكرنا أنّ تقنين التنصّت الهاتفي قد وضع بشكل مبهم، مبهم جدّاً يُبقي كلّ شيء تقريباً مسموحاً به. مثلاً يسمح أمن الدولة بالاستماع إلى أيّ كان، وحتّى بناء على شكوك غير مبرّرة أحياناً.

المسألة الأخرى طُرحت منذ بعض السنين. إنّ تجمّع السجلاّت الإلكترونية هو

انتهاك فعلي للثقة، وقد رأينا حالة المعلومات المغلوطة أو الخاطئة، المسجّلة بهذه الطريقة. وماذا نقول إذا كنّا في وضع حرب واستطاع عدوّ ما الاستيلاء على هذه السجلاّت؟ الخطر يكبر من حيث إنّ الآلة غير ملزمة، لأنّها غير واعية، بأيّ رفض كان، وأنّها لا تستطيع تقدير المعلومات التي تسجّلها وفرزها وتصنيفها.

قد تكون خلاصتنا متشائمة نوعاً ما ولكن هناك نقص فعلي في القانون، في قانون عليه أن يتطوّر مع التقنية. كما أنّ هناك نقصاً في مؤسّسات المراقبة المكلّفة بتطبيق هذا أو هذه القوانين. القانون يرفض النسخ الفوتوغرافي أو الميكروفيلم (على الأقلّ في معظم البلدان)، ولكن لا يتوصّل إلى مراقبة التنصّتات الهاتفية. أخيراً ما يلزمنا هو تقنيّون قضاة يُكلّفون بتطبيق قانون محدّد، ويقدرون على جعل بعض الأحكام تُنفَّذ في كلّ الحالات التي لا تدخل فيها التخمينات. يجب أن يكون الأمر على هذا النحو في عدد كبير من المجالات نذكر منها الإحصائيات والتعدادات السكّانية؛ في التعداد السكّاني الأخير سمح بعدم الإجابة عن بعض الأسئلة. التقنين هو شيء جيّد ولكن لا قيمة له دون الوسائل التي تنقله إلى طور التطبيق.

القانون الدولي

بسرعة كبيرة، فاضت تطوّرات التقنية على الصعيد الدولي. أوّلاً قضايا المواصلات ثمّ، في وقت أقرب، تقنيات جديدة رفعت أسئلة ذات بعد آخر من حيث إنّها تطال الأرض كلها، ثمّ الفضاء. من علاقات بسيطة نسبياً، لا تتعلّق سوى بحقوق الناس والمواجهات الدبلوماسية، أصبحت العلاقات بين الدول أكثر فأكثر تعقيداً.

هكذا فقد غيّر القانون الدولي من طبيعته نوعاً ما. في البدء كانت الاتفاقات الجانبية هي السائدة، ولكن كلّما أخذت المسائل بالتوسّع، سرعان ما أصبحت العلاقات الدولية أكثر عمومية. عندئذ وجب العهد بالحلول إلى مؤسّسات تقنية دولية: وهكذا أصبحت سلطات الدول تبعث بوفود إلى هذه المؤسّسات (هكذا مثلاً بالنسبة لتحديد سعر التنقّلات الجوّية العالمية).

بدايات قانون دولي على أساس تقني

إنّ الاندفاع العجيب للتقنية عند نهاية القرن الثامن عشر، الذي قلب العلاقات بين الدول، وملحقاته خلال القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، أدّت تدريجياً إلى وضع بعض القواعد الدولية، التي تُراجع باستمرار على مدى التطوّرات المنجزة. قلّما كانت حقوق الناس تعير انتباهاً للحوادث التقنية. نذكر فقط اتفاقية جنيف، بعد مقتل سولفيرنو

Solférino المريع، التي حاولت أن تؤنسن قليلاً حرباً كان تطوّر الأسلحة يزيد من شراستها. كذلك نعرف الصعوبة التي نعانيها اليوم في الحدّ من أشكال الاعتداء الجديدة أو إيقافها (نووية، كيميائية، بيولوجية).

الممتلكات الفردية غير المادّية كانت أيضاً موضوعاً لاتّفاقات، تُراجع كذلك على مدى التطوّرات التقنية. هكذا كان بالنسبة للملكية الأدبية: اتّفاقية برن Berne، سنة 1886، التي تتمّ مراجعتها دورياً (آخر مراجعة كانت في بروكسل سنة 1948) والتي كانت تجمع عدداً من البلدان حول نصّ دقيق جدّاً. أمّا اتّفاقية جنيف (1952، روجعت عام 1971) فكانت تجمع حول نصّ أكثر ليبرالية أعضاء اتّفاقية برن بالإضافة إلى بلدان أخرى.

بالنسبة لمسألة «الملكية الصناعية» فهي تتعلّق أكثر بتطوّر التقنيات. وكان عقد الاتّفاق بهذا الشأن يبدو أكثر إلحاحاً وأكثر صعوبة بشكل أدّى إلى تشريعات كانت تختلف بوضوح في ما بينها. يعود أوّل اتّفاق دولي حول البراءات إلى سنة 1879. وفي 20 آذار 1883 اجتمع عدد من البلدان في باريس للتوقيع على اتفاقية دولية موحّدة لحماية الملكية الصناعية. وقد زوّد هذا الاتّحاد بمكتب دائم، مركزه جنيف، كان دوره إدارياً محضاً (كما أُلحق به مكتب الملكية الأدبية والفنّية). ثمّ جرت مراجعات في لاهاي سنة 1925، في لندن سنة 1934، في لشبونة سنة 1958، وفي ستوكهولم سنة 1967. إلاّ أنّ المراجعات لم تصدّق عليها جميع الدول المنتمية إلى اتفاقية جنيف، وهكذا نتج وضع فيه بعض الالتباس. ذلك لأنّ البراءة هي امتياز تمنحه السلطة العامّة وبالتالي فهي ذات طبيعة وطنية بحتة.

في الوقت نفسه كان يتمّ تطوير تشريع أوروبي في هذا المجال، وقد أدّى إلى اتّفاقية 27 أيلول 1963 التي تتضمّن توحيد بعض من عناصر قانون البراءات في بلدان التجمع الأوروبي.

كما حُضّرت معاهدة تعاون دولي في ما يخصّ البراءات من قبل المجالس المجتمعة في جنيف، والتي اندمجت منذ سنة 1970 مع المنظمة العالمية للملكية الصناعية. واعتُمد هذا المشروع في 19 حزيران 1970 من قبل المؤتمر الدبلوماسي في واشنطن. يبدو أنّنا نتّجه نحو شهادة تُعطى لمبتكر الاختراع، كما في البلدان الشرقية.

لقد قلنا كيف أصبح مفهوم الاختراع، وبالتالي مفهوم البراءة، أكثر فأكثر إبهاماً: هناك نتائج البحث، ولكن إن لم يؤدّ هذا البحث بعد إلى اختراع، هناك سرّ المهنة، هناك اليوم عرض الاختراع. إذن نلمس مدى الصعوبة التي تظهر، ليس فقط في خلق التشريعات المناسبة، ولكن أيضاً في الموافقة، قدر الإمكان، بين مختلف التشريعات الوطنية. إلاّ أنّ هناك مفاهيم يصعب الإمساك بها بصورة ملموسة، أي بالصورة الوحيدة القادرة على أن

تكون موضوع تقنين معيّن. المهارة التقنية، اليدوية، الخبرة التقنية، المعلومات التقنية، وضع التقنية وفي الوقت نفسه البحث ـ التطوير والتحسين التقني، تطبيق الطريقة التقنية، جميعها أمور يستحيل تقريباً إعطاء تحديد لها. على الصعيد الدولي لا يمكن لطرق الحماية أن تكون إلاّ من النوع التعاقدي، ومع هذا قد تكون عرضة للانتقاد على صعيدي القوانين الوطنية والدولية على السواء. سياسياً قد ترى بعض بلدان العالم الثالث في هذه العقود شكلاً جديداً للاستعمار.

كانت الاتفاقات الدولية التي استدعتها تقنيات الاتّصال والمواصلات الجديدة مهمة وضرورية. في هذا المجال كان يوجد سوابق، محدودة أكثر في هدفها، تتعلّق ببعض طرق المواصلات الكبيرة وكان التطوّر السياسي قد جعلها دولية. هكذا مثلاً بالنسبة لبعض الأنهار، حيث اتخذت خلال مؤتمر فيينا أولى القرارات بشأن التنظيم إن على صعيد القانون الدولي أو على صعيد تقنية المرور: لجنة الراين الدولية أنشئت سنة 1815، ولجنة الدانوب سنة 1856.

منذ أن أصبحت التقنيات تستدعي استمرارية وسائل المواصلات، أيّاً كانت طبيعتها، سرعان ما ظهرت ضرورة وضع قانون دولي: هكذا كان بالنسبة للبريد الذي عاش طويلاً بهذا الصدد على عادات مسلّم بها بشكل عام جدّاً، وبالنسبة للبرق، للهاتف، لسكك الحديد، للطائرة. كنّا في الوقت نفسه بصدد تسوية معيّنة للتشريعات الخاصّة بكلّ دولة واعتماد قوانين تقنية مشتركة من أجل تأمين هذا التواصل: بهذا الشأن نعرف أنّ بلدين اثنين، إسبانيا وروسيا، لم يعتمدا انفراج السكك الإنكليزي الذي كانت قد قبلت به مجموعة البلدان الأخرى.

أولى الاتفاقات الدولية ولدت في بروكسل سنة 1863، معمّمة بعض الاتفاقات الثنائية التي كانت تتعلّق خاصّة بالبرق. سنة 1947 انتقل الإتحاد البريدي العالمي، وهو جهاز اقتصادي وتقني على السواء، إلى ظلّ مراقبة منظّمة الأمم المتّحدة.

منذ بداية عهد السكك الحديدية كان من الواضح ضرورة وضع اتفاقات دولية من أجل تنظيم المواصلات خارج الحدود المحلية: مسائل تقنية، مسائل توقيت، ومسائل اقتصادية كانت بحاجة إلى حلول منطقية فرض تطبيقها في مختلف البلدان. تعود أولى الاتفاقات الثنائية إلى سنة 1847، أي إلى أوائل بدايات السكك الحديدية عندما وصلت الخطوط إلى حدود الدول ووجب الربط في ما بينها. منذ سنة 1872 نظّم مؤتمر أوروبي من أجل المواقيت، وكان هذا بداية تعاون من أجل وضع تقنية وعمل مشتركين. أقدم المنظمات الدولية للتعاون في مجال السكك الحديدية كانت الجمعية الدولية لمؤتمر سكك الحديد،

التي أُنشئت سنة 1885 بهدف الإعلام المتبادل. وسرعان ما ظهرت ضرورة الانتقال إلى مستوى أعلى، ولكن فقط سنة 1922 أُنشىء اتحاد سكك الحديد الدولي، المكلّف بتشجيع «توحيد وتحسين ظروف عمل واستثمار سكك الحديد في ما يتعلّق بحركة المرور العالمية». إنّ هذا الاتحاد يجمع معظم الشبكات الأوروبية، كما أنّ هناك جمعية شبيهة تجمع الشبكات الحديدية في البلدان الاشتراكية وبعض بلدان أوروبا الوسطى التي تشكّل جزءاً من الجمعيتين.

لقد ذهبنا أبعد من هذا في طريق التعاون الدولي؛ وهكذا ظهرت بعض المؤسّسات المتخصّصة. نذكر «بول أوروب Pool Europ» من أجل استثمار نحو مئتي وخمسين ألف حافلة، شركة «أوروفيما Eurofima» من أجل تمويل طلبات العتاد، شركة «أنترفريغو Interfrigo»، تجمّعات «ترانس أوروب اكسبرس Trans - Europ - Express» (T.E.E من أجل المسافرين، T.E.E.M من أجل البضائع).

لم تقلّ الاتفاقات الدولية ضرورة في ما يخصّ المواصلات الجوّية، وهنا كان يتعيّن عليها أن تكون عامّة تماماً وأن لا تقتصر، كما بالنسبة لسكك الحديد، على القارّات. ولكن كان يجب إكمالها بمفاهيم واسعة تتعدّى مجال حركة المرور الجوّيّة. نعلم أنّ هناك أعرافاً، أكثر منها قوانين، قد أوجدت ما يسمّى بالمياه «الإقليمية» يبلغ عرضها مدى مدفع، أي 5 كيلومترات. هل كان يجب الشيء نفسه بالنسبة للطائرات؟ إنّ أوّل اتفاقية دولية حول حركة المرور الجوّية وُقّعت في 13 تشرين الأوّل 1919، في باريس، أي في نفس تاريخ إقامة أولى الخطوط التجارية، وهي تقول إنّ كلاً من البلدان الموقّعة يتمتّع «بالسيطرة الكاملة والمطلقة على الفضاء الذي يعلوه»، شاملاً إذن الحيّز البحري الإقليمي. أمّا اتّفاقا وارسو سنة 1929 وروما سنة 1952 فهما اتفاقان قانونيان خاصّان، أي إنّهما ينظّمان بين الشركات والملاكين الخاصين شروط النقل والتزامات كلّ من الفرقاء.

لقد حاولت بعض الاتفاقات القانونية العامّة أن تحلّ مسائل تنظيم وإدارة نشاطات الملاحة، إن من الناحية التقنية أو من ناحية الاستعمال. في الواقع، كانت حركة المرور الجوّية عشيّة الحرب العالمية الثانية محدودة بما يكفي لعدم طرح المسائل المهمّة جدّاً.

سبق أن أشرنا إلى أنّ مسألة الاتّصالات الإذاعية والتلفزيونية سرعان ما أصبحت دولية. وقد شهد العالم جهوداً للوصول، على الأقلّ بالنسبة للنقاط الأساسية، إلى اتفاقات واسعة قدر الإمكان. يجدر القول إنّ النتائج كانت مخيبة جدّاً.

إنّ الاتفاقين الأوّلين، اللذين لم يحصلا من جهة أخرى على الإجماع، كانا في آن واحد خجولين ومحدودين. كانت اتفاقية واشنطن (1925) تتمنّى أن تصل التردّدات التي

توزّعها الدول إلى مكتب الترددات الدولي. كنّا نأمل التوصّل إلى إتفاقات جزئية بهذا الخصوص. بالمقابل قامت إتفاقية مدريد (1932) بوضع المبدأ الذي بموجبه يتعيّن على الدولة أن تحدّ من قوّة محطّاتها إلى ما هو ضروري لتأمين خدمة طبيعية عالية الجودة على أرضها. وكان هذا من أجل تجنّب بعض الصراعات، دون جدوى بعض الشيء: تطوّر التقنيات، الإختلافات الإيديولوجية، الحروب الباردة جعلت من هذا الإتفاق نوعاً ما حبراً على ورق. وكذلك دون جدوى طلبت إتفاقية جنيف (1936) من كلّ بلد أن يلتزم بجعل برامجه التي تصل إلى بلد آخر لا تثير الرأي العام، تحترم معتقدات الآخرين، مهما كانت طبيعتها، وأن لا تحرّض على الحروب.

صبيحة الحرب العالمية الثانية، التي لعب فيها الراديو دوراً دعائياً كبيراً، كان الوضع ملتبساً: كانت معظم المسائل قد بقيت دون حلّ قابل للاستمرار. وقد بدا بسرعة أنّ الاختلافات في المصالح تؤدّي حتماً بكلّ محاولة للوفاق إلى الفشل. بالطبع أعرب مؤتمر منظّمة اليونيسكو العام سنة 1948 عن تمنّيه بأن يتمّ الاستماع إلى الراديو أو مشاهدة التلفزيون بحرّية في كلّ الأمكنة، أخذاً بعين الاعتبار توصيات مؤتمر جنيف (1936) الذي لم يكن قد وقّعه سوى عشرين بلداً لم تتضمّن الولايات المتّحدة، ولا الاتحاد السوفياتي. في الحقيقة كان الخلاف بين روسيا والبلدان الغربية يمنع إقامة أيّ اتفاق شامل. الاتفاقات الوحيدة تتعلّق في الواقع بتوزيع الترددات التي تفوق 3950 كيلو سيكل في الثانية (جنيف 1951) وعلى صعيد فصلي بمواقيت الترددات العالية (جنيف، 1959).

إذن اقتصر الأمر على اتفاقات إقليمية كانت أكثر نجاحاً. ومعظم هذه الاتفاقات يتعلّق بأوروبا الغربية. لقد خصّص مؤتمر كوبنهاغن (1948) الترددات المناسبة لِ 136 قنالاً من 9000 كيلو سيكل في الثانية لأكثر من 300 محطّة. مؤتمر ستوكهولم (1952، ورروجع سنة 1961) وزّع الموجات المترية والترددات العالية والعالية جدّاً. لقد كانت بداية متواضعة كما أنّ هذه الاتفاقات لم تُراقب بدقّة تامّة، بهذا الصدد كنّا ما نزال بعيدين عن ظهور القانون الدولي الإلزامي في هذا المجال المهمّ جدّاً.

مسائل التلوّث هي، نقول ونكرّر، قضايا العصر. وإذا كانت اليوم قد أخذت البعد الذي نعرفه فهذا لا يعني أنّها كانت خارج اهتمام الأجيال السابقة. إنّ أوّل اتفاقية دولية تتعلّق بالتلوّث انبثقت عن قضية مسابك تريل Trail، بين الولايات المتحدة وكندا. لقد كنّا بصدد حماية بلد من التلوّث البحري وقد أنشئت لجنة مختلطة من البلدين في 23 شباط 1931 للتأكيد على «الالتزام الدولي بتجنّب الأضرار الناجمة عن أعمال الآخرين، ضمن نطاق نشاطهم الإقليمي أو خارجه». عمل منعزل طبعاً ولكن قد تكون له امتدادات عديدة ومهمّة.

أخيراً ما تزال اتفاقيات المعايرة وتوحيد النمط في بداية عهدها. إنّ اعتماد النظام المتري بشكل عام أكثر فأكثر يبدو نوعاً ما الركيزة الأساسية. لقد رأينا أنّه حتّى داخل معظم البلدان كان قانون المعايير ما يزال في مرحلته الجنينية، وهذا يعني أنّ نقله إلى المستوى الدولي قد يكون بحاجة لوقت طويل. ولكن نشير إلى محاولة في بعض من مجموعات البلدان: الولايات المتّحدة وكندا، الجماعة الأوروبية.

إذن أدّى تطوّر التقنيات تدريجياً إلى تشكيل قانون دولي يغطّي عدداً لا يتوقّف عن التزايد من مختلف أنواع النشاطات. حتّى عشيّة الحرب العالمية الثانية كان وضع هذا القانون يتعدّل على مدى تقدّم التطوّر التقني: اتفاقات ثنائية، اتفاقات متعدّدة الجهات ثمّ اتفاقيات دولية ظهرت في عدد من الحالات يكبر يوماً بعد يوم. أغلب الأحيان يكون الامر عبارة عن مبادرات بعض البلدان، بشكل عام البلدان المتقدّمة اقتصادياً وتقنياً، في تكوين هذا التشريع. إلاّ أنّه في الكثير من الحالات كانت المفاهيم مختلفة، والتشريعات الوطنية متناقضة غالباً. إنّه أحياناً الشكل الذي تتخذه الأمور، وقد رأينا ذلك في كلّ ما يتعلّق بمسائل التقنية، والتقنيات، حول هذا القانون الدولي الذي اعتبره البعض، ومنذ وقت طويل، ضرورياً جدّاً. إنّ آراء وإشارات التقنيين لا يمكنها إلاّ أن تسند رجال القانون في عملهم.

التطورات الحديثة في القانون الدولي

إنّ الانفجار التقني ما بعد الحرب الثانية لم يكن يطرح مسألة بعض الاتفاقات السابقة وحسب، بل كان يرفع أيضاً العديد من الأسئلة التي لم تُعالَج بعد. وأخيراً ظهرت مفاهيم جديدة من أجل تقديم الحلول التي كانت تظهر كثرة اللجان الدولية ونذكر الأهميّة الخاصّة التي تتميّز بها المؤسّسات الدولية الكبيرة، مثل منظمة الأمم المتحدة O.N.U، ومنظّمة اليونيسكو.

أمّا مفاهيم السيطرة فتصطدم في أيّامنا هذه بصعوبات ناجمة عن ظهور تقنيات جديدة، عن نتائج تقنيات تقدّمت بشكل يطرحها على مستوى الكوكب، على مستوى الكون. وقد نشأت حروب صغيرة حقيقية، هنا وهناك، بسبب الافتقار إلى حلول جماعية. لعدم تمكّننا من معالجة جميع المسائل على بعض الصفحات القليلة نقتصر هنا على تقديم بعضها ممّا وجب حلّه بسرعة عندما ازدادت حدّة المصاعب.

لقد تسبّبت تطوّرات بعض التقنيات بإبطال بعض القوانين الموضوعة منذ وقت بعيد. كان قانون البحر، على الصعيد الدولي، يقتصر على نقطتين أساسيتين: حدود المياه الإقليمية وحرّية البحار. إلاّ أنّ انطلاق الملاحة البخارية أجبر على تحديد عدد معيّن من القواعد

وتنظيم المسؤوليات على الصعيد الفردي. بعد عدد من الاتفاقيات، كانت اتفاقية جنيف، سنة 1958، تؤكّد هذه المبادىء وتضمن بلوغ المضائق و «حقّ المرور المسالم» (أي الذي لا ينتهك السلام، الملتزم بنظام وأمن البلد أو البلدان المحاذية).

أمور كثيرة حدثت وقلبت معطيات المسألة وأثّرت على سلطة البلدان البحرية. أخذ موضوع صيد السمك أبعاداً أخرى مع ظهور وتكاثر السفن ـ المصانع. كما أنّ اكتشاف طبقات البترول تحت البحر (off shore) وإمكانية استثمارها، وكذلك عقيدات بعض المعادن، إمكانية الغوّاصات الذرّية في أن تطيل مدّة غطسها، كلّ هذه الأمور التقنية استدعت إعادة النظر في كلّ شيء تقريباً. وكانت المواقف متنوّعة: وقد اتخذت بعض البلدان قرارات أحادية الجانب. كانت هناك «حروب سمك الرنكة»، و «حروب البترول». لهذا كان من المستحسن تحضير اتفاقية جديدة تتعلّق بنقل حدّ المياه الإقليمية إلى اثني عشر ميلاً. ضمن هذه الشروط، لم يعد ستّة عشر مضيقاً يدخل في نطاق المياه الدولية، بل ينتمي الواحد منها بكليته إلى دولة معيّنة. هكذا بإمكان هذة الأخيرة أن تمنع مرور نوع ما من أنواع السفن، ناقلات البترول الضخمة مثلاً، التي تؤدي في حالات العطل إلى تلوّث كبير، أو السفن ذات الدفع الذرّي. كذلك، وبشكل خاص لأسباب بترولية، نُظر في مسألة مدّ المياه الإقليمية إلى كل المنطقة التي لا يتجاوز عمقها المئتي متر، تيّمناً بالقرار أحادي الجانب الذي اتّخذه الرئيس ترومن سنة 1945.

لم يخرج بعد الحلّ النهائي من مناقشات المؤتمرات الدولية، وهذا لأنّ تطوّرات التقنية ما زالت غير معروفة جميعها وقد نكون مضطرّين بمراجعات دورية للمسافات. سوف نرى أنّ مناطق اللجّات الكبيرة ليست بمأمن أبدي عن قوانين دولية قد تخضع لها أحد الأيام، قوانين لم يتمّ بعد الاتفاق بشأنها. تظهر المصالح المتباعدة غالباً شيئاً فشيئاً وتدفع الدول إلى عدم التسرّع في اتخاذ القرارات. لهذا نفضّل أن نبقى، إذا أمكن، عند حدود الاتفاقات الثنائية مثل اتفاقات بريطانيا مع النروج حول البحث عن البترول في بحر الشمال، ومع فرنسا حول بحر إيرواز Iroise. ولكن المعطيات كانت هنا أكثر دقّة، أي المصاعب أقلّ عدداً. ولا يُستبعد أن تكون هذه الاتفاقات أيضاً عرضة للمراجعة. في ما يتعلّق بحقوق صيد الأسماك يبدو أنّ الصعوبات انتهت تقريباً لأنّ التقنيات في هذا المجال هي أكثر ثباتاً.

بالرغم من اختلافها الكبير، اتخذت مسائل حركة المرور الجوّية أبعاداً مشابهة. إنّ حركة المرور هذه أخذت عشية الحرب العالمية الأولى أهمّية أكيدة كي تصبح وبسرعة، صبيحة الحرب العالمية الثانية، إحدى وسائل النقل الأساسية: هناك أسفار لم يعد بالإمكان

اليوم إجراؤها إلاّ بالطائرة كما رأينا. لهذا وجب إعادة تنظيم القانون الجوّي مرّة أخرى، وبعمق. وهو قانون مركّب، مثل قانون البحار، فهو قانون إداري، مالي، تجاري، جزائي، الخ. ولكن كما قلنا القانون الجوي مؤلّف من قواعد تنظّم وتدير عمل أجهزة ممكننة جدّاً، يشغّلها أناس ملزمون بنظام دقيق للغاية. ومن هذه الناحية نرى فيه نوعاً ما قانون الآلات، التجهيزات، وهي أمور ترتبط بالتقنيات ارتباطاً وثيقاً.

اتفاقية شيكاغو، التي وُقّعت في 7 كانون الأوّل سنة 1944، حتّى قبل نهاية الحرب، جاءت بعد اتفاقية باريس. كان مبدأ امتلاك المساحة الفضائية المنسوبة للبلد الواقع تحتها ما يزال أساس هذا القانون الأوّل والرئيس. بعد ذلك صيغ عدد من القواعد لتسهيل حركة المرور الجوّية الدولية؛ قواعد عدم التمييز، مبدأ توحيد وتبسيط قواعد الملاحة المحلية، نصّ قانوني حول الجهاز، قواعد تقنية للاستعمال ووسائل لمراقبة هذا الاستعمال (ضمن هذا الإطار سلّمت شهادات الملاحة، التي قد تصل إلى حدّ منع الأجهزة التي تثير الكثير من الضجيج)، كفاءة الملاحين، التجهيزات البرّية وعملها، قواعد المرور الجوّي وسلامة هذا المرور.

أمّا المنظّمة الدولية للطيران المدني، التي بدأت العمل سنة 1947، فكان عليها أن تؤهّل الجهاز الأساسي لإجراء الإصلاحات التي تؤدّي إليها غالباً التطوّرات التقنية، وأن توحّد القواعد المحلّية وأن تحضّر الاتفاقات الثنائية أو متعدّدة الجوانب. لتقدير حجم هذا التشريع الدولي يمكننا ذكر بعض الاتفاقات الرائجة التي ذكرت في اتفاقية شيكاغو:

إجازات جهاز العمل؛ قواعد الجو؛ الأرصاد الجوّية؛ خرائط الطيران؛ وحدات القياسات في الاتّصالات الجوّية ـ الأرضية؛ الاستثمار التقني للأجهزة؛ الإشارة إلى جنسية وتسجيل الأجهزة؛ شهادات الملاحة؛ التسهيلات؛ المواصلات اللاسلكية؛ خدمات الملاحة الجوّية؛ الأبحاث وعمليات الإنقاذ؛ دراسات حول الحوادث؛ المطارات؛ الخدمات المعلوماتية في مجال الطيران.

إذن يُفترض أن تكون عولجت كلّ المظاهر التقنية في حركة المرور الجوّية. إضافة إلى هذا يُراقب تطبيقها بدقّة من قبل جمعية من الملاحين تعمل على المستوى الدولي.

على صعيد القانون الخاص (العلاقات بين الناقلين والمنقولين) جرى تعديل في اتّفاقية وارسو لسنة 1929 إزاء تحوّلات حركة المرور الجوّية: وتمّ هذا عبر بروتوكول لاهاي (22 أيلول 1955). أمّا الولايات المتّحدة فقد عقدت على حدة اتّفاق مونتريال (4 أيّار 1966). كذلك جرى توحيد هذه القوانين التي لا تتعلّق بالمسائل التقنية إلاّ بصورة عرضية.

العلاقات بين الشركات (حركة المرور، الخطوط، الأسعار، الخ.) تنظمّها الجمعية

الدولية للنقل الجوّي، التي جاءت في نيسان 1945 خلفاً لجمعيّة سابقة. إنّها عبارة عن جهاز دولي ولكن ليس من النوع الحكومي.

ما أن نصل إلى قضايا فردية أكثر، حتّى يصبح التنسيق في التشريعات الدولية أصعب بكثير. هنا تتدخّل بشكل عام العصبية الوطنية ولن نأخذ أكثر من مثلين اثنين.

لقد سبق أن أشرنا إلى صعوبات نظام البراءات الدولي بحكم تعارض القواعد الوطنية بعضها مع البعض الآخر. في هذا المجال وبالرغم من تزايد المؤتمرات، بقينا عند تقسيم يصعب اجتيازه حتماً. في الواقع، ما يبدو سائداً اليوم هو الاتّفاقات متعدّدة الجهات، من النوع الإقليمي معظم الأحيان.

أولى مشاريع البراءة الدولية، وهي مشاريع إسكندنافية، رأت النور سنة 1950، حيث وقّع اتّفاق بين البلدان الأربعة: البراءة التي تؤخذ في أحد هذه البلدان تصبح صالحة في الأخرى دون الحاجة إلى إجراءات إدارية إضافية.

ضمن إطار المجلس الأوروبي، توصّلنا إلى نتائج جزئية، ولكن تتعلّق بشكل خاص بمسائل إدارية خالصة. سنة 1953 وقّعت اتفاقية أوروبية تنسّق الإجراءات والوثائق الإدارية. سنة 1954 اعتمد تصنيف دولي للبراءات.

لقد ذكرنا أنّ التجمّع الأوروبي كان يدرس براءة صحيحة في كلّ البلدان المنتمية إليه، تتطابق مع البراءات الوطنية. لكنّ هذه الصيغة لا تخلو من العيوب: كلفة مرتفعة نسبياً، اضطرار المخترع إلى تركيز انتباه ثابت إلى التقليدات الممكنة. وظهرت الاعتراضات العديدة، وحاولت المؤتمرات أن تخفّف من حدّة المصاعب؛ ميونيخ في تشرين الأوّل 1973، اللوكسمبورغ في أيّار 1974. وهكذا تمّ تكرير الصيغ: في الواقع نتقيّد بالنظام الألماني، حيث يرفض النظام الفرنسي التسليم حسب الطلب. بعد ذلك اتّحد مكتب البراءات الأوروبي، الضروري من أجل فحص الأسبقية، مع المعهد الألماني في ميونيخ.

بالنسبة للتنظيم في افريقيا ومدغشقر (وفي جزر موريس اليوم) فقد أنشىء مكتب مشترك للملكية الصناعية يقع مركزه في ياونده Yaoundé، في الكاميرون، وقد بدأ العمل في كانون الثاني 1964. على هذا الاتّفاق وقّع في البدء اثنا عشر بلداً.

مجال المعايير قريب من مجال البراءات، وهو على أيّ حال يملك بعض نواحي هذا الأخير لا سيّما هذه الناحية العصبية التي تخفي في الحقيقة مصالح تجارية أكيدة. في الواقع غالباً ما يصبح المعيار من أدوات السياسة التجارية، إذ يكفي تثبيت المعايير المفروضة كي لا يعود بالإمكان استيراد منتوج أجنبي معيّن. أفضل مثل نجده عبر الثلاجات، ففي نهاية

الحرب العالمية الثانية، كانت صناعة الثلاجات مجهولة تقريباً في فرنسا. من أجل تنمية هذه الصناعة وضعت بعض المعايير التي تأخذ بعين الاعتبار السلامة واستهلاك الطاقة، بهدف حماية المستهلك كما قيل. سرعان ما أعطت هذه الخطوات مفعولها. وخلال خمس عشرة سنة كانت ولدت هذه الصناعة دون تطبيق سياسة جمركية إلزامية، وهذا طالما كان المعيار يُراجَع باستمرار. وكانت معاهدة روما تفتح الحدود الفرنسية، أمام المنتوجات الإيطالية بشكل خاص، وهي ذات معايير أو قيود أخفّ بكثير، مثل سعر تكلفتها. عندئذ جعلت فرنسا القيد إلزامياً من أجل حماية سوق صناعتها الخاصّة. ضجيج طائرة الكونكورد هو مثل آخر في عدد معيّن من البلدان.

في ما يتعدّى هذه الحالات الخاصّة، التي تتكرّر دون شكّ أكثر ممّا يفترض البعض، طُرحت مسألة المعايرة الدولية بصورة سريعة جدّاً. «إنّ تبادلات البضائع أو الأدوات، مرور المعطيات العلمية وجميع أنواع المعلومات تتوقّف على مدى شمولية الخصائص المنسوبة إلى الأشياء والمعطيات المتبادلة». التعريف الأوّل هو المقياس: ونعلم أنّ تعميم المقاييس يسير اليوم في طريقه الصحيح؛ حيث تهتمّ به لجان دولية عديدة. بعدئذ كان يجب الانتقال إلى المعيار بمعناه الصرف، وقد قام مجهود كبير بهذا الصدد والمسيرة تبدو سريعة جدّاً. ولكن في الكثير من الحالات لا يبدو الأمر أكثر من مجرّد أمنية: كلّ ماركة شاحنة أو طائرة لها محرّكاتها الخاصّة، ومن يقتنيها يتعلّق بعمليّة التزويد بالقطع المنفصلة من أجل التصليحات. أمّا مصانع التركيب، التي تنتشر اليوم، فهي ليست سوى مسكّن لهذا الوضع، لأنّه هنا يُطرح بشدّة موضوع البحث ـ التطوير في صناعة معيّنة. «مكسباً من الماضي، لم يعد المعيار الوطني الخالص سوى أقلّية في معظم البلدان»، على الأقلّ في بعض المجالات. «اليوم كلّ فنّ المعايرة يكمن في إعطاء كلّ معيار ما يكفي من الوطنية كي يأخذ جذوره في الوطن، وما يكفي من العالمية كي يفتحه أمام المبادلات الخارجية».

وكما يمكن التوقّع نشأ جهاز دولي في هذا المجال أيضاً هو المنظّمة الدولية للمعايرة، وقد خُصّصت المؤتمرات من أجل تطبيق المعايرة في النموّ الاقتصادي. كذلك شُكّلت لجنة أوروبية للمعايرة، تجمع بلدان الغرب الأوروبي، والهدف كان في تمكين «المرشدات» التي تبغي إزالة العقبات أمام المبادلات من الاستناد إلى معايير حقّقت سلفاً موافقة على نطاق واسع.

إنّ هذه الطريقة في التقنين المسمّاة «طريقة المعايير» تعرف من حيث مبدئها رواجاً كبيراً. تمييز وظيفة «قول التقنية» عن نفوذ «قول القانون»، تسليم الأولى لأوليات الإجماع والثاني إلى أواليات السلطة هو دون شكّ تقليد محض قام منذ مونتسكيو Montesquieu

وتظهر الممارسات الفرنسية بهذا الصدد، وهي متقدّمة جدّاً، بمثابة مدرسة في أوروبا وفي الأمم المتّحدة.

إنّ المعايير التي ولدت من مواجهة المصالح مع الحاجات، وتعزّزت بفضل معرفة الخبراء الجماعية، ووصلت أخيراً إلى المستوى الوطني أو العالمي عبر عقد اتفاق له دلالته ومغزاه، إن لم يكن بالإجماع، تطال أيضاً أبعاد جهاز الأدوات. انطلاقاً من هنا، يمكنها أن تشارك في سياسات متلاحمة: إنتاجية، تشجيع ورفع النوعية، زيادة قيمة البحث التقني، التجارة الخارجية، التعاون مع البلدان في طور النمو، تشكيل الوحدة الأوروبية. إنّ هذه الأمنية التي أعرب عنها أحد صحفيي «الموند» لهي أمنية واعدة حقّاً. هذا القانون، الاختياري بالنهاية، يؤدّي حتماً إلى التطوّر التقني، إلى التطوّر الاقتصادي، إلى التطوّر الاجتماعي.

المبادلات، على مستوى الأفكار، هي مهمّة للغاية. لقد أُدرك هذا الأمر تماماً وبدأت الإجراءات تتّخذ منذ صبيحة الحرب الثانية. كانت خطّة مارشال Marshall تعلّق أهميّة كبيرة على نشر التقنيات وتشجّع إرسال الوفود من الخبراء إلى الولايات المتّحدة، ممّا أدّى إلى إنشاء منظّمة تُعنى بنقل التقنيات، ثمّ الوكالة الأوروبية للإنتاجية. بعد ذلك جاء تنظيم التعاون مع البلدان النامية وطرح مسائل شبيهة تماماً. كلّ الاتفاقات تقريباً هي من النوع التعاقدي وغالباً ما تجرّد الفرقاء من السلاح تجاه المؤسّسات الاقتصادية الكبيرة. لقد قرّرت مؤسّسة ناسا N.A.S.A. بالفعل أن تفيد من «اختراعاتها» من يرغب بالاستفادة، ولكنّها تختار الذين تمنحهم إجازات مجانية. في هذا تكمن أيضاً وسيلة من وسائل الضغط.

في كلّ المجالات التي ذكرناها لتوّنا وحدها الاتّفاقات الدولية بإمكانها أن تكون علاجاً لأوضاع يصعب حلّها معظم الأحيان. يتعيّن تأمين تشريع مرن بالنسبة للمداخيل التي يمثّلها في بعض البلدان شراء البراءات، وبراءات مع كلّ محيطها الاقتصادي والتقني، واعتماد بعض المعايير التي تؤدّي إلى عدم التعامل إلاّ مع مزوّد واحد. لا شكّ في أنّ الاستعمار التقني قد توصّل، حالياً، إلى أعلى مستوى له. أمّا القرارات السياسية، لأنّها لا يمكن أن تكون غير ذلك، فيجب أن تؤدّي إلى تعديلات عميقة بما فيه الكفاية في الأنظمة القائمة. هنا أيضاً على الخيال أن يلعب ملء دوره.

توسيع الأبعاد

إنّ التقنيات الجديدة قامت بتوسيع مسائل العلاقات الدولية بصورة ملحوظة ومفاجئة: لقد أدّت بالطبع إلى مفاهيم جديدة، كغزو الفضاء، استثمار البحار، الاتّصالات عبر الأقمار الصناعية، التلوّث على الصعيد العالمي وهي أمور قلبت الحلول التي كانت معتمدة سابقاً.

في 12 تشرين الثاني 1958، البروفسور أمبروزيني Ambrosini، المندوب الإيطالي إلى الجمعية العمومية في الأمم المتّحدة، صرّح أمام اللجنة السياسية: «إنّ كلّ نشاط بشري جديد يخلق مصالح معيّنة ويؤدّي بالتالي إلى بعض الخلافات هو بحاجة إلى تنظيم قانوني عقلاني ومناسب، تجنّباً للفوضى والالتباس».

لقد اعتقدنا أنّ قانون البحار بإمكانه أن يكون أحد القوانين التي يمكن الإبقاء عليها، مع تطويره بشكل طبيعي تبعاً لبعض التطوّرات التقنية، إلاّ أنّ الخلافات السياسية، والعوائق الاقتصادية أخّرت اليوم إجراء الاتّفاقات الضرورية. فاستثمار البحار ـ وقد رأينا كيف نجح الإنسان في تنظيم بعض المسائل، بعض أنواع صيد الأسماك التي تعدّلت تقنيّتها مع ظهور السفن ـ المصانع الكبيرة ـ، وبصورة خاصة الطبقات الطبيعية البترولية والمعدنية، لا يمكنه إلاّ أن يبطل القوانين الموضوعة سابقاً. لقد اتخذت القرارات المنفردة ونذكر مثلاً «حرب» الصيّادين حول إيسلندا التي وسّعت كثيراً مياهها الإقليمية. في تشرين الأوّل 1974 احتجّت السلطات النروجية ضدّ نشاط سفينة أمريكية تبحث عن البترول على بعد 700 كيلومتر غربي جزر لوفوتن Lofoten: فقد وجدت السفينة بالفعل داخل مياه النروج الإقليمية.

في حزيران 1974 أقيم مؤتمر في كاراكاس من أجل النظر في إمكان إصلاح قانون البحار. وقد قيل إنّ البحر هو «تراث البشرية المشترك». كان يجب منع الأقوى، المتقدّم أكثر تقنياً، من أن يستولي على جميع الأعماق البحرية، على جميع ثروات البحر المعروف بحرّيته منذ زمن بعيد، ومن أن يعسكر المحيطات. إذن كان يجب السماح باستثمارها من أجل المصلحة المشتركة. كانت هذه التحذيرات الذي أطلقها مندوب مالطة، السيّد أرفيد باردو Arvid Pardo، في الجمعية العمومية للأمم المتّحدة سنة 1967. كان يتعيّن نوعاً ما إيجاد نوع النظام الدولي الذي يجب تطبيقه في البحر، في ما يتعدّى 200 ميل تمارس فيها قوانين الدول الساحلية. منذ البدء ظهرت الخلافات بين البلدان الصناعية وبلدان العالم الثالث.

الولايات المتّحدة واليابان، وهما أكثر البلدان تقدّماً مع ألمانية الغربية في مجال تقنيات الاستثمار البحري، أبدتا بوضوح أنّ «مصلحة البشرية المشتركة» لا تتنافى، حسب رأيهما، مع الحلول من النوع الرأسمالي، حتّى على عمق خمسة آلاف متر. وقد تصدّت دول العالم الثالث وطالبت بشيوع القسم الدولي من المحيطات. لقد كانت المواقف متناقضة كلّياً.

لقد كانت المسألة معقّدة بالفعل، إذ لم يكن الأمر عبارة عن توزيع الثروات الجديدة بقدر ما كان حماية الثروات الموجودة في بعض بلدان العالم الثالث. إنّ استثمار الركازات

المعدنية البحرية، التي تتجدّد طبيعياً، والتي لا تبلغ حالياً أكثر من 3% من ثروات الأعماق، يطال البلدان التي لا تعتمد على غير هذه الركازات كمورد طبيعي. سنة 1985 كان بالإمكان تلبية 18% من طلب النيكل العالمي ونصف طلب الكوبلت تقريباً. حالياً يُستخرج نحو 33% من البترول بعيداً عن السواحل. أمّا الطبقات المعدنية البحرية فتبلغ مئة وخمسين مرّة قيمة المناطق الناتئة. وقد عبّر ممثّل الزائير عن قلق البلدان الإفريقية. إنّ إنتاج المعدن انطلاقاً من العُقيدات البحرية قد يكون أقلّ كلفة من الإنتاج البرّي ولهذا فقد يحدث، إن لم يقف عند حدّ معيّن، «كارثة» حقيقية بالنسبة للبلدان النامية. اقتُرِح إذن استثمار البحار بواسطة سلطة دولية، أو عن طريق الوفود، مع الاتفاق على «عقود خدمة»، من قبل مؤسّسات ومشاريع خاصّة. وتقوم هذه السلطة باختيار المؤسّسات بغية دعم البلدان النامية، كما أنها تنصّ قواعد الاستثمار، وتؤمّن انتقالاً متتابعاً للتقنيات في صالح الأمم المتخلّفة وتُعدّ من أجل «تعديل، أو تعليق أو إبطال العقود في حال تغيّر الظروف».

كان هناك بالطبع حلول من نوع آخر: أواليات موازنة، اقتطاع من أرباح الشركات المستثمرة لصالح المجموعة ككلّ. لكن الاستثمارات الكبيرة ـ من 200 إلى 300 مليون دولار ـ هل يمكن القيام بها دون حقوق قاصرة على أصحابها في المناطق المسلّمة؟ ألم يكن في ذلك أيضاً وسيلة للضغط على البلدان المنتجة للمعادن، قليلة العدد، من أجل تجنّب «ارتفاعات الأسعار المصطنعة»؟

الكلّ يرغب بإيجاد حلّ، أي اتّفاقية دولية تنصّ على قانون جديد يحمي جميع المصالح، قانون لا يكون قانوناً بحرياً وحسب ولكن قانوناً للبحار. لكن حجم المشاكل واختلافات المصالح هي في وضع يبدو معه هذا الحلّ صعباً، إن لم يكن مستحيلاً. عندئذ تشهد بعض زوايا الكرة الأرضية صراعات معيّنة، وبعض المؤتمرات الدولية نقاشات لا تنتهي. وقد عدنا تدريجياً إلى مسألة الأميال الاثني عشر، وهي المسافة التي تقبل بها معظم الدول كحدّ للمياه الإقليمية، وإلى إنشاء منطقة تبلغ 200 ميل بمجملها، نسمّيها المنطقة الاقتصادية. من هذه المنطقة يأتي ثلاثة أرباع صيد الأسماك وتقع فيها، ضمن وضع التقنيات الحالي، معظم التنقيبات البعيدة عن الساحل البترولية. في هذه المنطقة تتمتّع كلّ دولة بحقّ خاصّ بها يلغي تقريباً كلّ حقّ تمييزي آخر.

بالنهاية لا يتكيّف القانون بشكل جيّد مع ملزمات تقنية متحرّكة وصدف الجغرافيا: ما العمل إذا كان الصرد القارّي ممتدّاً جدّاً وضعيف العمق نسبياً كما الحالة في أستراليا، في الأرجنتين وفي كندا إذا أردنا الوقوف عند بعض الأمثلة. لقد كان الخلاف الذي أشرنا إليه بين النروج وإحدى الشركات الأمريكية يتعلّق ببحث عن البترول على بعد 400 ميل غربي

جزر لوفوتن، وفي أعماق تبلغ 1100 متر: هذا يظهر جيّداً أنّ اتّفاقاً معيّناً لا يسعه أن يتوافق إلاّ مع حالة معيّنة للتقنية.

بعد اجتماعين مثمرين، قام مؤتمر دولي في جنيف في آذار 1975. بالرغم من الاجتماعات العديدة الخاصّة التي جرت على مدى ثمانية أسابيع، ما زال التوصّل إلى اتّفاق بعيداً. وقد نوقشت ثلاثة تقارير؛ قُبل بِ 12 ميلاً كحدّ للمياه الإقليمية وبِ 200 ميل بالنسبة للمنطقة الاقتصادية.

إنّ ثروات البحر هي عبارة عن تراث مشترك للبشرية جمعاء، لا يمكن لأيّ أمّة كانت أن تمتلكها. على الأرباح المستقاة منها أن تذهب إلى الجميع، وبشكل خاص إلى البلدان النامية والبلدان المجرّدة من الساحل. أمّا المياه الواقعة بين البلدان فهي مياه دولية، تتميّز بحرّية مرور كلّية، وحرّية للصيد، للبحث العلمي، للطيران، شرط أن لا تضرّ هذه الحرّية بأيّ بلد كان وأن لا تؤذي نوعية البيئة البحرية. من أجل إدارة هذا التراث المشترك، يجب إنشاء جهاز دولي، «السلطة» التي وصفت أوالياتها ونفوذها ضمن أحد التقارير.

كان هناك ثلاثة آلاف مندوب يمثّلون مئة وخمسين بلداً. مؤتمرا جنيف للعامين 1958 و 1960 لم يؤدّيا إلاّ إلى توقيع اتفاقيات منفصلة. أمّا مؤتمرا نيويورك 1973، وكاراكاس 1974، فقد أشارا إلى الخلافات القائمة؛ هذه المرّة أُعرب عن الرغبة بالوصول إلى «اتفاقية عامّة». المضادّة نفسها واجهت بين البلدان الصناعية، الرأسمالية أو الاشتراكية، ومن جهة أخرى، بلدان العالم الثالث. أوّلاً جرى النقاش حول المنطقة الاقتصادية. ولكن هل كان يجب اعتماد هذه الفكرة التي تؤدّي إلى عدم الاستثمار من قبل البلدان المجرّدة من التجهيزات الضرورية؟ لقد أمكن التوصّل إلى أنواع من إجازات صيد السمك، مثل سفن التون الأمريكية، ثمّ قامت الحكومة الأمريكية بشراء أولى الإجازات من الإكوادور، والثانية من البرازيل. إذا اعتمد مبدأ هذه المنطقة المطلقة سوف تنقلب صناعة صيد الأسماك. أمّا بالنسبة لتراث البشرية المشترك، إذا أردنا استعمال العبارة الواردة في كلّ هذه الوثائق، فمن الواضح أنّ بلدان العالم الثالث تريد أن يديره جهاز دولي تشكّل هي غالبيته. الفرقة الأخرى تسلّم بوجوب إقامة قانون جديد للبحر يساعد على تطوّر البلدان المتخلّفة، ولكن تحاول أن تحتفظ قدر الإمكان بحرّية عمل تقليدية.

الحلّ الوحيد الملموس الذي نجم عن المؤتمر هو قرار عقد مؤتمر دولي جديد في نيويورك في وقت لاحق.

لقد تطرّأنا إلى كلّ الصعاب التي أحاطت بظهور قانون دولي للإذاعة والتلفزيون. والصراعات التي قامت ما بين بعض مجموعات البلدان صبيحة الحرب العالمية الثانية لم

تكن سوى انعكاس للتحسينات التقنية التي زادت من مدى البثّ، وفي نفس الوقت الخلافات الدولية حول بعض المبادىء الأساسية. إذا أخذنا بالاتجاهات الكبيرة التي حدّدتها المؤتمرات الدولية، وبالرغم من كون الإجماع العالمي العام عرضة للشكّ، لكان يمكن حلّ كلّ شيء تقريباً: الحدّ من البثّ إلى نطاق أراضي البلد، وفي الحالة الأخرى في آن واحد حرّية الإصغاء واحترام الأوضاع الداخلية. إنّ فصل المفاهيم في مجال الأفكار وبالتالي مجال الاتّصال اللاسلكي المسافي إلى كتلتين، لا بل إلى كتل عديدة، يجعل من أيّ اتّفاقية من النوع العام والعالمي اتفاقية شبه مستحيلة.

هذا لا يعني أنّ الاتّفاقات الجزئية قد وُقّعت بسهولة متجاوزة كلّ أنواع العقبات. لقد كان الاتحاد الأوروبي للبثّ الإذاعي (1950) مكلّفاً بحلّ المشاكل القانونية وبتجميع مادّة وثائقية تقنية. وهي أدّت إلى اتّفاقات الأوروفيزيون Eurovision التي حاولت تذليل العقبات التقنية، القانونية، والمالية. اليوم يبدو النظام مصقولاً نسبياً؛ تقوم المنظّمة الدولية للبثّ الإذاعي والتلفزيوني بجهود جديرة من أجل تنمية روح التعاون هذه. لقد توصّل مؤتمرا أتلانتيك سيتي (1953) وجنيف (1959) إلى إنشاء لجنة دولية لتسجيل التردّدات. يمكن لهذه اللجنة أن تلغي كلّ الدعاوى الوهمية أو غير الفاعلة، كما يمكنها أن تكافح ضدّ تخزين التردّدات التي لا تستعمل على الفور أو التي تُركت بعد مضي مهلة محدّدة. ولكن ليس بوسعها أن تمنع بثّاً في تردّد غير مسجّل.

لا يوجد مثل عن هذه المصاعب أفضل من حالة المحطّات القراصنة. أغلب الأحيان كانت هذه المحطّات تقع في عرض البحر، أي في مكان لا تبلغه السلطات الوطنية. إذن يمكنها أن تبثّ إمّا على تردّدات غير مخصّصة، إمّا حتّى على تردّدات مرصودة لبلدان أخرى. لقد كان بالإمكان الادّعاء بمسؤولية البلد الذي تعمل المحطّة تحت لوائه، إلاّ أن التسجيل غالباً ما يكون في بلاد لم توقّع الاتّفاقيات الدولية. الاتّفاق الأوروبي، سنة 1964، كان يحتمل حدوث بعض الممارسات المنحرفة. هكذا كان بالنسبة لتزويد المحطّات، للبحث عن مصادر الإعلانات، وهكذا كان بالإمكان القضاء على هذه المحطّات. لكن بعض البلدان لم تصادق على الاتفاقية؛ إنّ عدم انضمام بعض بلدان القارّة الأوروبية (سويسرا والنمسا) لم يكن بالأمر الخطير، ولكن الولايات المتّحدة لم تنضمّ هي الأخرى ويمكننا جيّداً أن نتصوّر أوروبا تغمرها البرامج الدعائية الأمريكية، لأنّ هذا النوع من الأجهزة يعتمد بدرجة واسعة على الربح التجاري. الدول الإسكندنافية اتّخذت إجراءات قد تكون بعكس قانون دولي معيّن: فقد أعلنت قانونها المقيّد وإمكان تطبيقه في عرض البحر.

إذن صعوبات وضع قانون في هذا المجال تتجاوز نطاق المسائل الوطنية المحضة

التي اجتيزت بسهولة بشكل عام. فالخلافات هنا تلعب دوراً أساسياً.

كذلك طرح المرور من الطبقات الجوّية إلى الفضاء مسائل من نفس النوع. إنّ قانون الفضاء، الذي بدأ يتشكّل والذي لا يمكنه أن يتشكّل إلاّ على المستوى العالمي، هو أخو القانون الجوّي بالطبع، ولكنّه يظهر أكثر فاكثر إقتراباً من قانون البحر من حيث أبعاده. في الواقع تعود ولادته، على صعيد المناقشات، إلى إطلاق أوّل قمر سبوتنيك في 4 تشرين الأوّل 1957. منذ 11 كانون الأوّل 1959، كان المندوب السوفياتي إلى منظّمة الأمم المتّحدة، السيّد كوزنتسوف Kouznetsov، يصرّح: «إنّ استثمار الفضاء هو دولي بطبيعته». ومن الواضح اليوم أنّ الأسئلة قد تكاثرت وتضاعفت مع كلّ امتدادات نشاط الأقمار الصناعية.

لم يكن القانون الجوّي الحديث يتناول أكثر من الجوّ المحيط بالكرة الأرضية ولم يهتمّ، لأسباب بديهية، بما يوجد فوق هذا الجوّ. إذن كانت المشكلة الأولى في معرفة ما إذا كان يمكن نقل مبادىء قانون البحر إلى الفضاء: سلطة مطلقة على الطبقة الجوّية وحرّية كاملة في الفضاء الذي يعلوها. في هذه الحالة فإنّ القمر الصناعي الذي يقع حضيضه في الجوّ وأوجه أبعد من هذا الجوّ يتعلّق في آن واحد بالقانون الجوّي وبقانون الفضاء.

في 14 تشرين الثّاني 1957 نتج قرار عن الأمم المتّحدة، في إطار الاتّفاق بشأن التسلّح، وكان يتكهّن ببعض المبادىء. «إنّ دراسة نظام المراقبة هي من أجل التأكّد من أنّ إطلاق الآليات في الفضاء الخارجي لا يتمّ إلاّ لأهداف سلمية وعلمية». في تشرين الأوّل 1957 قام اتّحاد الملاحة الفضائية، وهو منظمة قانون خاص، بتشكيل لجنة مهمّتها «تحديد توزيع الصلاحيات بين القانون الجوّي وقانون الفضاء». إنّ صعوبة تحديد الحدود بين الفضاء الجوّي والفضاء فقط سرعان ما ظهرت ثانوية، أو على الأقلّ ذات ضرورة لم تكن فورية تماماً.

رويداً رويداً انبثقت بعض الأفكار؛ الأولى كانت حرّية الفضاء. تماماً مثل حرّية البحار القديمة، اتّضح أنّ حرّية الفضاء كانت حلاًّ أساسياً. في الواقع لم يكن من المنطقي أن نخصّص سلطة مطلقة على فضاء غير محدود، يتغيّر من لحظة إلى أخرى بحكم التحرّكات السماوية. عدا عن ذلك كانت المشاكل ضئيلة من وجهة نظر معيّنة، على الأقلّ مثلاً من زاوية تحرّك الآليات. الشيء نفسه كان بالنسبة لوضع آليات الفضاء القانوني، حيث إنّ هذه الآليات هي لبعض الوقت حكر على عدد محدود من البلدان. امتلاك القمر، أو كواكب أخرى، هو منذ وقت بعيد احتمال بعيد نسبياً.

لهذا السبب لم تكن معاهدة الفضاء، لسنة 1967، تتضمّن سوى القليل من التدقيقات والتحديدات. إلاّ إنّها ذكرت التسليم بمبدأ حرّية الفضاء ومبدأ البحث العلمي الحرّ في هذا

الفضاء. وقد أضيف إليها، بشكل مبهم في الحقيقة، أنّ النشاطات الفضائية هي «ميدان البشرية جمعاء». لكنّها أشارت بوضوح إلى رفض استعمالات الفضاء لأهداف عدوانية.

كما اتّضح أنّ ما كان يهمّ ليس دخول الآليات في الفضاء، بل طبيعة النشاطات الفضائية على وجه الدقّة. وقد تحدّدت هذه النشاطات شيئاً فشيئاً على مدى عمليّات تقويم التقنيات. ولا داعي هنا للتركيز على أمر معيّن: كلّ النشاطات العسكرية الممكنة في الفضاء تخرج حتماً عن نطاق التنظيم القانوني لأنّه لا يسعها إلاّ أن تكون موضوع معاهدات عدم التسلّح وهي بالدرجة الأولى عبارة عن اتّفاقات سياسية أكثر منها تقنية، أو قانونية محضة.

أمّا مسألة الاتّصالات اللاسلكية فتظهر بأشكال عديدة يجب معالجتها منفصلة. الحالة الأولى هي حالة الاتصالات اللاسلكية بواسطة القمر الصناعي، التي تتطوّر اليوم بسرعة كبيرة جدّاً. سنة 1964 تأسّست منظّمة دولية للاتّصال اللاسلكي عبر القمر الصناعي (إنتلستات INTELSTAT)، وهي تضمّ 86 بلداً. بين العامين 1964 و 1974، كانت التطوّرات التقنية كبيرة جدّاً، وفي سنة 1971 وضعت اتّفاقية سرعان ما واجه تطبيقها بعض الصعوبات.

تتعلّق مهمّة إنتلستات بنقل المعلومات الهاتفية والتلفزيونية على المقياس العالمي. إنّ أوّل قمر صناعي للاتصالات المسافية اللاسلكية أطلق سنة 1965 (إرلي بيرد Early Bird). عند نهاية سنة 1974 كانت المنظّمة تستثمر أربعة أقمار كبيرة إنتلستات IV وثلاثة إنتلستات III لم تخدم في ما بعد إلاّ في التعويض عن قصور خليفاتها. ما أن يتحقّق جيل جديد من الأقمار الصناعية حتّى يبطل الجيل السابق نهائياً. عندئذ نلتقي بمشاكل التناقض.

حالياً الأمريكيون هم أسياد المجال: معظم الأقمار وأجهزة الإطلاق هي أمريكية. ولم يمكن تحقيق محاولة فرنسية ـ ألمانية دون استعمال جهاز إطلاق أمريكي، ولم تكن الآلية سوى للاختبار. حتّى سنة 1971 كانت واشنطن تدير كلّ شيء كما كانت المستعمل الأوّل؛ سنة 1971 جرى بعض التعديل في النظام. ما تزال الولايات المتّحدة تمسك بثلثي حصص الشركة، ولكن الشركة المستثمرة الأمريكية ليست سوى صاحبة امتياز مؤقّت. دون ذكر الشبكات العسكرية يوجد أيضاً شبكات خاصّة من أجل التوزيعات الداخلية، أمريكية محضة، وعدد هائل من المشاريع. كذلك وجب الإكثار من محطّات الاستقبال، مثل محطّة بليمور ـ بودو Plemeur - Bodou في فرنسا.

إلاّ أنّنا لا ننسى أنّ التمكّن من تقنية ما، في آن واحد من النواحي المادّية كما من النواحي المالية، يقف عائقاً، إن كان الأمر عبارة عن امتياز، أمام أيّ بناء منطقي. لقد وُضع قانون بشأن الكابلات التلغرافية (البرق)، وبشأن البثّ الإذاعي، ولكن ليس هناك فعلاً قانون

بشأن الاتّصالات بواسطة القمر الصناعي. وهذا أمر مهمّ جدّاً بالنسبة للحفاظ على التقنيات القديمة.

وهناك أيضاً مشكلة أخرى مهمّة في مجال الاتصالات اللاسلكية هذه عبر القمر الصناعي. في الواقع بإمكان هذه الأقمار أن تنقل برامج الإذاعة والتلفزيون، وبالتالي أن تكسر الامتيازات وعمليّات المراقبة التي تمارسها الحكومات، معظم الحكومات، على وسائل البثّ هذه. هل يمكننا عندئذ أن نتكلّم عن «انتهاك للرأي العام» في دولة معيّنة؟ إنّ المواقف بهذا الصدد هي ملتبسة ومتباعدة جدّاً.

كان أحد تصريحات منظّمة اليونيسكو من العام 1948 يقرّ لكل إنسان بحقّ الاستماع بحرّية إلى البرامج الإذاعية الصادرة من البلدان الأخرى (لم نكن بعد بصدد التلفزيون). من جهة أخرى تسلّم المعاهدة حول الفضاء، لسنة 1967، بعدم إمكان استعمال الأجهزة الفضائية إلاّ من أجل خير وصالح جميع البلدان. كان يجب الالتزام بالقانون الدولي الهادف إلى الحفاظ على الأمن والسلام العالميين. وكان كلّ شيء يتعثّر، حتّى تحديد أحزمة التردّدات، حتّى مواقع الأقمار الصناعية. وقامت النقاشات السياسية في المحاكم الدولية الكبيرة، لا سيّما في تشرين الأوّل 1972. طرح الاتّحاد السوفياتي مشروع معاهدة يمكن فيها لحماية البلدان التي يُؤذيها هذا البثّ أن تصل إلى تشويش، وحتّى إبطال الجهاز، وكانت تطلب بالتالي أن لا تكون أقمار البثّ سوى أقمار حكومية. أمّا الولايات المتّحدة فقد دافعت عن حرّية تبادل الأفكار، عن حرّية انتقال المعلومات. واتّخذت بعض البلدان المتطوّرة مواقف وسيطة: كندا، فرنسا، السويد.

النقطة الأخيرة الحسّاسة هي نقطة الكشف اللاسلكي، ويُمثّل قسم منها عبر أخذ الصور. إذ يمكننا أن نصوّر خارجين عن قواعد القانون الجوّي. أي إنّه يمكننا أن نصوّر بهذه الطريقة، ليس فقط مساحات جغرافية، ولكن أيضاً منشآت صناعية أو عسكرية، وأن نكشف عن موارد معدنية.

هناك جهازان أمريكيان يقومان بهذا العمل: إرتس ERTS (قمر موارد الأرض التكنولوجي)، وقسم من محطّة سكايلاب Skylab، وإريب EREP (محطّة موارد الأرض الاختبارية) التي يعيد روّاد الفضاء أفلامها وبكراتها المغنطيسية إلى الأرض. وحدهما في الحقيقة، الولايات المتّحدة والاتحاد السوفياتي يستطيعان أن يضعا أجهزة بهذا الحجم من أجل هذا النوع من العمل. لقد أقام كلّ من كندا والبرازيل محطّات استقبال للمعلومات التي ترسلها إرتس، ولكن فقط داخل أراضيه، مقابل معلومات يقدّمها لِ ناسا .N.A.S.A. وكلّ المعلومات تخزن في بنك المعطيات في سيوكس فولز Sioux Falls (داكوتا الجنوبية).

لقد اهتمّت منظّمة الأمم المتّحدة بالموضوع وفكّرت بإنشاء جهاز دولي يمنح حرّية الوصول إلى كلّ المعلومات الصادرة. لكن الأمم المتّحدة لا تستطيع ولا يجدر بها أن ترسل أقماراً صناعية. إذن يجب التوجّه إمّا إلى الولايات المتّحدة إما إلى منظّمة خاصّة ملائمة. عندئذ تتعيّن مناقشة البرامج، الكيفيات المالية، العمل، باختصار مناقشة تنظيم كامل مع حلوله القانونية.

المسألة الكبيرة الأخيرة هي مسألة التلوّث. إنّ التزايد السكّاني، والتطوّر الصناعي جعلا من التلوّث مشكلة عالمية: وهو يطال الجوّ والبحر كما يطال الأنهار. وفي بال كلّ منّا أمثلة عديدة: موت نهر الراين بالقرب من بال، كارثة توري كانيون Torrey Canyon غارقاً في البحر الدولي ولكن لافظاً مدّه الأسود إلى الشواطىء الفرنسية والإنكليزية، وحول كورسيكا الحمراء. الخطر لا يهدّد الشواطىء وحسب، بل أيضاً بيئة البحار، ومع مبيدات الطفيليات، التوازن البيئوي في الأرض كلّها.

من وجهة النظر الدولية تنطرح مسألة التلوّث من ناحيتين رئيستين:

أ) الحماية، إذن الردع، وهذا حتّى في المناطق الواقعة في ظلّ النظام الدولي.

ب) الإجراءات التي يجب اتخاذها مشاركة من أجل إعادة التوازنات البيئوية الضرورية.

لقد كانت بداية هذا العمل متواضعة جدّاً. سنة 1954 وقّع عددٌ من البلدان على اتّفاقية تمنع رمي الهيدروكربورات في شمالي المحيط الأطلسي. إذا حصل الرمي في المياه الإقليمية تتعلّق الإدانة بالبلد الذي يسيطر على هذه المياه، وفي الحالة الأخرى بالنظام القضائي في البلد الذي تنتمي إليه السفينة. في الواقع لم تطبّق المراقبة إلاّ في المياه الإقليمية وكانت النتيجة أن أصبح التلوّث يرمى في عرض البحر.

في شباط 1972 جرى مؤتمر دولي اهتمّ بالتلوّث الناتج عن غطس النفايات الصادرة عن السفن. لقد جُمعت خلاله المعلومات الهامّة ولكن لم يُتخذ أيّ قرار. في أيلول 1973 دعي إلى مؤتمر دولي حول تلوّث البحار، أرضي المصدر، أي الناتج عن مواد مضرّة تأتي مباشرة من الأرض أو تحملها مجاري المياه، وقد تمثّلت فيه ثماني عشرة دولة أوروبية أو أرسلت مراقبين من جانبها، وهي نفسها التي اجتمعت في أوسلو سنة 1954، أي البلدان المحيطة ببحر الشمال، المانش، وشمالي غربي المحيط الأطلسي. في الحقيقة كان الأمر يتعلّق بشكل خاص بوضع مادّة وثائقية محدّدة، رغم أنّه تمّ أيضاً التحضير لاتّفاقية لاحقة. فقد تركت لجميع البلدان حرّية اعتماد التشريع الفعّال، حيث كان يدخل في الرهان الكثير من المصالح الخاصّة بشكل حال دون وضع نظام يُخضع الجميع.

لقد كنّا نسير باتّجاه تنظيمات على صعيد المناطق، تنسّق في ما بينها على قدر الإمكان. في روما، في صيف 1972، اجتمعت بلدان المتوسّط الغربية بشأن اتّفاق شبيه باتّفاق أوسلو. لقد منع رمي الهيدروكربور في هذا البحر، وكان يجب إلحاق هذا المؤتمر بتوابع أخرى لكنّها تأخّرت في الواقع، وقد شهدنا في حالة الوحول الحمراء صعوبات اعترضت وضع قانون حازم ومطبّق بحزم في آن واحد.

معظم الأحيان يحتاج تدمير البقايا المضرّة ومراقبة بعض أنواع التلوّث إلى الأموال الكثيرة. حتّى أنّ بعض المصانع اضطرت لإغلاق أبوابها: وندرك ما قد يؤدّي إليه هذا الأمر اجتماعياً، بالنسبة للسكّان المحلّيين. كم من الكتب وضعت حول التلوّث، إلاّ أنّ أيّاً منها تقريباً لا يتناول الكفاح ضدّ التلوّث.

في ما يتعلّق بالأنهار، من المستحسن اجتماع جميع البلدان، ليس فقط المحيطة بالنهر، بل أيضاً التي تقع في حوضه. عندئذ فقط يمكن أخذ إجراءات منسّقة بإمكانها وحدها أن تثبت فعاليتها. لقد قامت بعض المناقشات داخل التجمع الأوروبي، سنة 1974، بخصوص نهر الراين: ليس من السهل التوصّل إلى اتّفاق كامل (كما أنّ بعض البلدان المعنية، مثل سويسرا، لم يكن ممثّلاً).

الشكل الأخير للتلوّث نجده عبر مبيدات الطفيليات، فبإمكان الريح أو الحيوانات أن تنقلها أحياناً مسافات بعيدة جدّاً. إذن وجب النظر كذلك في قوانين نأمل منها أن تصبح دولية. أوّل إجراء اتّخذ كان ضدّ مادّة الـ د د ت DDT، بعد ملاحظات جرت منذ سنة 1966: اليوم يُمنع استعمال هذه المادّة تقريباً أينما كان. وسنة 1973 اتّخذت إجراءات من أجل الحدّ من استعمال مواد الديفينيل متعدّدة الكلور: بعدها لم يُقبل هذا الاستعمال إلاّ في أنظمة مغلقة.

عند نقل القانون إلى مستوى الكرة الأرضية جمعاء، فإنه يعاني دائماً من الصعوبات في فرض نفسه، حتّى وإن لم يكن الأمر يتعلّق سوى بالأفراد والأفعال الفردية. عندما نكون بصدد تقنيات جديدة يتعدّل بعضها تكراراً ويتطوّر بسرعة كبيرة، تكون المصاعب أكبر كلّما اتّخذت جوانب سياسية وعسكرية: معارضة امتداد المياه الإقليمية وإنشاء المناطق الاقتصادية، الكشف اللاسلكي والاتّصال المسافي عبر الأقمار الصناعية، التلوّثات البحرية (التي أخذت حجماً كبيراً مع النفايات الذرّية) جميعها مشاكل ما تزال حلولها بعيدة.

والقانون هو فعلاً شيء متطلّب. في خلاف معيّن، يلزم على الأقلّ فريقان معنيان، ويلزم تحديد موضوع النزاع بوضوح عبر نصوص دقيقة، كما يلزم ملاحظات، إجراء معيّن، محكمة، حكم وسبل تنفيذ. ولكن نعرف أنّه في حياة الأفراد والأمم، في مجال القانون

الخاص أو العام، أو الدولي، فإنّ التحوّلات التقنية، التقنيات نفسها هي اليوم أكثر فأكثر في وضع يجعلها تفلت من العملية القانونية. وغالباً ما نجد القانون، عندما يحاول ضبط الأمور، متأخّراً عن التغيير الحاصل.

أمور جديدة تظهر، لم تكن لتخطر على البال في ما مضى. وحتّى مفاهيم جديدة تصعب علينا الإحاطة بها: أفضل مثل نعطيه هو مفهوم «صالح البشرية المشترك» الذي يثير الكثير من النقاش إن في مجال قانون البحر أو مجال قانون الفضاء، وهما جزآن من قانون لا يبرحان هما أيضاً في تحوّل مستمرّ.

برتران جيل
Bertrand Gille

بيبلوغرافيا

حول البراءات

عملان تاريخيان:

ج. دورمان G. Doorman، «Patents for Inventions in the Nederlands during the 16th, 17th and 18th Centuries». لاهاي، 1942.

«Brevets d'invention français, 1791 - 1902, un siècle de progrès technique». باريس، 1958 (كاتالوج من أحد المعارض).

دراسات عامّة:

ف. جيني F. Geny، 4 «Science et technique en droit privé français» 4 مجلّدات، باريس، 1914-1924.

«La Protection des résultats de la recherche face à l'évolution des sciences et des techniques». ليون، 1969.

ج. م. واغريت G.M. Wagret، «Brevets d'invention et propriété industrielle» باريس، 1967.

حول المسائل الحديثة:

أ. بوجو A. Bouju، «Les Brevets d'invention, instruments de progrès ou parchemins surannés». في «الفيغارو»، 13 كانون الأوّل 1969.

ف. مانيان F. Magnin، «Know how et propriété industrielle» باريس، 1974.

أ. نتير A. Netter، «Rajeunir le brevet d'invention» في «الموند»، 27 أيّار 1975.

حول التصوير

ب. فريمون P. Fremond، «Le Droit de la photographie» باريس، 1973.

ر. مولان R. Moulin، «Le Marché des épreuves photographiques» في «الموند»، 4 آذار 1975.

حول الاستهلاك والمعايير

ج. كاس G. Cas، «La Défense du consommateur»، باريس، 1975.

ج. دواير J. Doyère، «Demain pour les consommateurs, une vraie justice» في «الموند»، 8 تشرين الأوّل 1974.

ج. دوايير، «Les Acheteurs sont mal protégés contre les défauts de fabrication» في «الموند»، 27 أيّار 1975.

ر. فرونتار R. Frontard، «Du bouillon à la qualité de la vie, norme quand tu nous tiens» في «الموند»، 19 أيلول 1973.

حول المواصلات

ر. روديير R. Rodière، «Droits des transports terrestres et aériens»، باريس، 1973.

ر. روديير، «Droit maritime»، باريس، 1974.

الفضاء

ش. شومون Ch. Chaumont، «Le Droit de l'espace»، باريس، 1971.

أ. ستوبنر A. Stoebner وأ. تشرنوغوغ A. Tchernogog، «Une nécessité: la réglementation internationale de la télédétection par satellites». في «الموند»، 26 أيلول 1973.

د. فيرغيه D. Verguez، «Des images qui viennent du ciel»، في «الموند»، 26 شباط 1975.

متفرّقات

ش. دباش Ch. Debbasch، «Le Droit de la radio et de la télévision»، باريس، 1969.

الفصل السادس

التقنـية والسياسة

جميعنا يوافق اليوم أنّ التطوّر التقني أصبح اليوم شأناً من شؤون الدولة. يكفي أن نطالع الصحف كي نلحظ دخول التقنية في ميدان السياسة. ولكن نعجب من انعدام أي دراسة غنية بعض الشيء تتناول هذا الجانب من الحياة السياسية. قد تكون هذه إشارة إلى أنّ سياسة تقنية حقيقية متماسكة ومنهجية لم توجد بعد.

في الحقيقة، الأمر قديم بعض الشيء، حتّى وإن لم يعِ المعاصرون وغالباً المؤرّخون الحديثون إلى هذا؛ يمكننا أن نجد الأمثلة الواضحة على مدى كلّ القسم التاريخي من هذا الكتاب. هناك بالطبع ميادين تظهر فيها أهمّية التقنية السياسية جليّة للناظر، هكذا مثلاً بالنسبة لكلّ التقنيات العسكرية. منذ وقت طويل كان الأمراء، والمدن، يتنازعون «المهندسين» الكبار كما كثر عدد التقنيين المرتزقة. لا شكّ في أنّه اقتُصر لفترة طويلة على الخضوع نوعاً ما للتطوّر التقني العسكري. كان البحث عن الأشخاص الأكفّاء أكثر منه عن التقنيات الجديدة. فقط عند نهاية القرن التاسع عشر ظهرت سياسة بحث تقني بهذا الصدد، أوّلاً كنشاط مهمّ، ومهتمّ، لبعض الشركات الخاصّة، ثمّ انتقلنا إلى إقامة مختبرات ووحدات أبحاث من قبل الدولة.

يؤدّي بنا هذا إلى بعض التمييزات الأساسية. هناك في الواقع نوعان من السياسات التقنية. هناك أوّلاً السياسات التي يمكن تسميتها بسياسات الاستعارة، أي ما تسميها المصطلحات الحالية انتقالات التكنولوجيا. ثمّ يمكننا إيجاد سياسات التنمية. وأخيراً يوجد سياسات للبحث، أكثر دقّة من حيث صعوبة برمجة البحث ومن حيث ارتباطه، لا سيّما في أيّامنا هذه، بالبحث العلمي الأساسي.

الأصول التاريخية

مهما اعتقدنا فإنّ هذا الانجذاب من جانب السلطات العامّة نحو التطوّر التقني، بأيّ

شكل كان، قد تجاوز مجرّد النطاق العسكري. منذ قرون جرت محاولات لوضع «تقييمات» لم تُعدّ من أجل التجديد بقدر ما أُعدّت من أجل نشر التقنيات المتقدّمة. البطالمة مع مدرسة الإسكندرية، والأباطرة البيزنطيون في القرن العاشر كانوا نوعاً ما تباشير كولبير Colbert الذي أعطى أكاديمية العلوم دوراً تقنياً مهمّاً تجسّد بعد أكثر من نصف قرن عبر «وصف وإتقان الفنون والمهن». لا يُستبعد أن يكون البعض قد اعتمد هذه التقييمات كنوع من نقطة انطلاق نحو تقنيات محسّنة أو جديدة.

إنّ الإنتقال البطيء لتحرير قوانين الشركات من الأوساط المهنية المهتمّة إلى الدولة هو مثل آخر. لم تكن هذه القوانين تتعلّق بالتقنيات بقدر ما تتعلّق بتحديد منتوج معيّن. إذا منع أحد المكوّنات، أو إحدى الطرق بالمعنى الواسع للكلمة، فذلك بحكم الشعور، المحقّ أو المخطىء، بأنّها كانت معاكسة لإنتاج من نوعية معيّنة. إلاّ أنّ بعض أنواع الحظر قد رُفعت، من أجل مسائل اقتصادية؛ ومنذ أن أصبح الاقتصاد، مع ظهور المركنتيلية، شأناً سياسياً، أصبحت قوانين الشركات حتماً سياسية بدورها. كان الركود الاقتصادي يتلازم مع ركود التقنيات، ومن هنا مرور المراقبة الذاتية للمهن إلى المراقبة من قبل الدولة.

الأمثلة كثيرة جدّاً حول ذلك الاهتمام الدائم الذي أعاره للتطوّر التقني مسؤولو تنمية الإنتاج وتوطيد القوّة الاقتصادية أو العسكرية. مع هذا كانت مبادىء سياسة شاملة في هذا المجال بطيئة في ظهورها. إنّ محاولات البطالمة أو الأباطرة البيزنطيين لم تكن سياسات تطوير: لقد كان الأمر عبارة عن نشر التقنيات الأفضل وبعض التحسينات. والشيء نفسه بالنسبة لكولبير و«وصف الفنون».

إنّ ما قام به المركنتيلي هو نقل للتكنولوجيا أكبر ما يمكن، وقد أشير إلى هذا منذ حكم لويس الحادي عشر في فرنسا، على الصعيدين الاقتصادي والعسكري في آن واحد. يمكننا أن نجد، في أوروبا عند نهاية القرن الخامس عشر والسنوات الأولى من القرن السادس عشر، محاولات شبيهة، شبه منهجية في موسكوفيا إيفان الثالث، الذي كان يستدعي مهندسي البناء، السبّاكين وعمّال المناجم، وفي هنغاريا ماتياس كورفان Mathias Corvin، الذي كان يرغب بجمع كلّ دراسات عصره التقنية، وفي انكلترا بداية القرن السادس عشر. من جهة أخرى كنّا نرى عمّال المناجم الساكسونيين، والمهندسين الإيطاليين يقطعون أوروبا طولاً وعرضاً لإسداء خدماتهم.

كي يكون هناك بحث عن التطوّر، وبحث منظّم، موجّه، محدّد، كان من الضروري حتماً وجود مفهوم للتطوّر، أي فكرة وإمكانية تحقيق هذا التطوّر. التنسيق، الضروري إذا سلّمنا بوجود نظام تقني، هو أحد أكبر عناصر «السياسة التقنية». لنحاول أن نحدّد،

بمساعدة المادة التاريخية، تطوّر هذه العملية البطيئة التي تؤدّي إلى اختيار التقنية الأفضل، إلى التقنية الأكثر تحسيناً، ثمّ، في حال وجد، إلى الاختراع الجديد.

حالة الثبات هي حالة قد توجد في المجال التقني. هناك حالة ثابتة عندما تكون كلّ الكمّيات، من أيّ طبيعة كانت (إنتاج صناعي أو زراعي،الكتلة النقدية، عدد السكّان، الخ)، ثابتة هي نفسها، أو محكوماً عليها بذلك. من الواضح أنّه ضمن هذه الفرضية يجب النظر إلى التقنية على أنّها ثابتة هي أيضاً. تتوزّع التباينات بين الشعوب، داخل الدولة الواحدة، بين المناطق، بين الأفراد؛ الأهمّ إذن هو كيف يشدّ كلّ لصوبه أكثر ما يمكن من الثروات: التصدير، رؤية السكّان يتزايدون، تجميع المعادن الثمينة. من هنا أيضاً السياسات التقنية التي أعطت النجاح لبعض السياسات الاقتصادية.

قيادة التقنيات المعتمدة نحو الإتقان، بعبارة أخرى نحو التشبّع، وتقنين قواعدها، هكذا كانت تبدو الخطوة الأولى. من أجل تجنّب الشراء من الخارج، الذي يتسبّب بخروج قسم من النقد الوطني، كان يجب إذن أن ندخل إلى البلد الصناعات التي لم يكن يعرفها، أي أن نستورد تقنيات أجنبية. لا يوجد تطبيق لهذه السياسة أكثر منهجية ممّا قام به كولبير. يُفترض أنّ دور أكاديمية العلوم كان مهمّاً بهذا الخصوص، مثل مشروع «وصف الفنون والمهن». في الواقع، عندما نُشر المجلّد الأوّل من هذه المجموعة، سنة 1761، لم نكن سوى عند بداية مجموعة بطل قسم منها قبل صدورها لأنّها كانت تجهل الثورة الصناعية الإنكليزية.

كان وزير الملك لويس الرابع عشر قد طلب وضع كاتالوج حقيقي للتقنيات التي كان يُرغب بإدخالها إلى فرنسا. قد يكون من المستحسن، على ضوء التجارب الحالية لنقل التكنولوجيا، استعادة سياسة كولبير هذه، الإشارة إلى إنجازاتها، وأيضاً فهم إخفاقاتها. لقد انشغلت كلّ الدبلوماسية الفرنسية بهذه المهمّة طيلة سنوات كثيرة. استُدعي المقاولون، مثل فان روبي Van Robais، الذي أنشأ في آبفيل Abbeville مصنع أجواخ هولندية، وعمّال ساكسونيون مختصّون بصناعة الصفيح، وصانعو زجاج من مورانو Murano، وكثيرون غيرهم أيضاً. هذه السياسة كانت مسنودة بوسط مؤسّساتي كامل، بتعريفات جمركية للمصانع صاحبة الامتياز، بإعفاءات من الضريبة لأولى مشاريع تعليم تقني معيّن.

بالطبع عرفت حركة الانتقال هذه ما يعارضها. لقد اضطرت بعض البلدان إلى الدفاع عن موقعها التقني، فتكرّر منع خروج العمّال أو الآلات، مع عقاب قد يصل إلى حدّ الموت، كما في البندقية. في القرن التاسع عشر، حتّى سنة 1825، كانت ما تزال إنكلترا تمنع خروج الآلات.

العبور من «الإتقان» إلى التطوّر التقني، إلى الاختراع، لم يكن سهل التحقيق إلاّ في إطار سياسة تقنية. كولبير، أيضاً، طلب تنفيذ بعض الأبحاث في العمق: في الحقيقة الطرق المعتمدة هي عرضة لنقد شديد. فعندما أراد تزويد البحرية الملكية بأفضل مركب ممكن، طلب هذا الوزير تجميع أفضل ما هو موجود في مختلف السفن المتداولة ووضعه في مركب نموذجي؛ وسرعان ما أدركنا أنّ التحفة المنتظرة لم تكن سوى شيء منحرف لا جدوى منه. في الواقع، لم يكن من السهل امتلاك سياسة اختراع أو تجديد؛ إنّ دفع التقنيين للإختراع لم يدخل من جهة أخرى كثيراً في خطّ السياسة الاقتصادية المهتمّة بالفعالية عبر استعمال طرق معروفة أكثر منه بالمغامرة مع تقنيات جديدة. كانت أولى البراءات ظهرت في القرن السادس عشر، كما رأينا، وأخذت مظهراً أكثر نهائية ودقّة خلال القرن السابع عشر. وكانت براءات استيراد التقنيات الأجنبية متوقّعة. هنا أيضاً قامت أكاديمية العلوم، في فرنسا، بدور مستشار الحكومة في المجال التقني من أجل منح الامتيازات التي كانت بمثابة براءات والمكافآت والمساعدات التي قد تُقدّم للمخترعين: من هنا سلسلة «الآلات المستحسنة» التي تتلقّى بعض الامتيازات من قبل الدولة.

قد يكون من المهمّ أن ندرس بعمق ودقّة أكثر ممّا فعلنا حتّى الآن ردود فعل الحكومات في القارّة الأوروبية أمام ثورة القرن الثامن عشر التقنية الإنكليزية. في الواقع في إنكلترا نفسها بقيت الحكومة خارج الجهود المبذولة من أجل تحويل التقنيات القائمة مسبقاً، أو أنّها تدخّلت بصورة غير مباشرة بتاتاً عبر تحسين بعض المؤسّسات، عبر إيعازاتها والملزمات التقنية المرتبطة بها. بإمكان سياسات تجارية ومالية ملائمة أن تكفي من أجل الحثّ على البحث التقني.

داخل القارّة، بشكل عام، بقينا عند أفكار الثبات المركنتيلية، كما تشهد القوانين الواسعة والحازمة في معظم الصناعات. بالنسبة للحكومات المهمّة الأولى كانت في الاستعلام؛ نلاحظ في الواقع لا مبالاة شبه كاملة من جانب صناعيي هذه البلدان تجاه اجتياز البحر والذهاب إلى إنكلترا لدراسة التحوّلات التقنية. إذن في معظم الحالات، كانت تكلّف البعثات الرسمية بحمل التجديدات الإنكليزية. من جهة أخرى أشير إلى وجود شخصيات كفوءة، تزداد كفاءة كلّما تقدّمنا في القرن زمنياً، تهتمّ بالتطوّر التقني. في فرنسا كما في بروسيا، بالضبط كان مراقبو المصانع أو المناجم، المكلّفون بالتحقّق من تطبيق القوانين التقليدية، هم الأكثر التفاتاً إلى التطوّر التقني الحاصل في إنكلترا. هم الذين أدخلوا قسماً كبيراً منه إلى القارّة، وضغطوا على حكوماتهم وعلى مقاوليهم كي يلزموهم بنفس الطريق.

بالطبع كان هناك أشكال أخرى من تدخّل الدول. كما كان كولبير قد فعل، تمّ

استدعاء المقاولين والعمّال الأجانب إلى بلاد القارّة كي يحملوا إليها التقنيات الإنكليزية. في معظم الحالات، أُنشئت هذه التجهيزات بمساعدة اعتمادات الدولة. يمكننا أن نذكر هولكر Holker أو وادينغتون Waddington في فرنسا، كوكريل Cockerill في لياج، وجميعهم أشخاص أقاموا مؤسّسات ازدهرت كثيراً.

هذه التدخّلات لم تكن منهجية بأيّ شكل: بعبارة أخرى لا يوجد سياسة شاملة لنقل التكنولوجيا. ولكن من جهة ثانية، اكتملت الثورة التقنية الإنكليزية في السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر. لا شكّ في أنّه كان ما يزال باكراً جدّاً، عشيّة الثورة، من أجل النظر بشأن عمل فعّال وعام في هذا المجال. إذن تعلّق هذا العمل بشكل أساسي ببعض التقنيات التي كانت تُعتبر رئيسية؛ هكذا سرعان ما حاول بلاط تورينو أن يحدّث صناعته المنجمية. لقد أُرسل المهندس Robilant في مهمّة إلى ساكس Saxe، وهو البلد الأكثر تقدّماً في هذه التقنيات، خاصّة في فريبرغ Freiberg حيث كانت قد أُنشئت مدرسة للمناجم. هذه المهمّة أكملتها المؤسّسة لدى الأكاديمية بواسطة مختبر ومدرسة للمناجم، منذ سنة 1754. بالمقابل ذهب المهندس نابيون سنة 1786 إلى إنكلترا، وحمل منها عناصر كثيرة من أجل التقنيات المعدنية. وبعدما طرد بسبب الاجتياح الفرنسي، سافر إلى لشبونة حيث عمل طويلاً في الترسانة العسكرية.

لا شكّ في أنّ تأسيس مدارس الدولة، والبعض منها كان مفتوحاً للمقاولين الخاصّين - مثلاً مدرسة المناجم التي أقيمت في فرنسا سنة 1783 - ساعد في تحديث التقنيات. كما أنّنا لا ننسى المدارس العسكرية، القادرة وحدها، تقريباً، على توفير تعليم علمي وتقني ذي قيمة أكيدة.

العصر الليبرالي

يبدو أنّ الأمور تغيّرت بشكل ملحوظ في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر. لقد أصبحت مساعدة الدولة تتمّ بشكل غير مباشر أكثر فأكثر، ولكن بالمقابل أخذ الفضول التقني لدى المقاولين يكبر باستمرار. كان هناك نوعاً ما انقلاب في النزعة السابقة، انبثق حتماً عن انتشار الأفكار الليبرالية في المجال الاقتصادي. إلاّ أنّه يجدر التمييز، وفقاً للبلدان، وفقاً لنوع التدخّل؛ في البلدان المتخلّفة تقنياً، يبقى دور الدولة واسعاً. بهذا الصدد ما زلنا نفتقر للأبحاث الضرورية من أجل رؤية أوضح للمسألة، بالرغم من كلّ المؤتمرات الحديثة التي تُعقد.

وحتّى وإن كانت غير مباشرة، تبقى مساعدة الدولة مهمّة ولكن ضمن أشكال محدّدة بوضوح. لقد كان نفوذها كبيراً في الميدان الاقتصادي. انطلاقاً من السنتين 1821 و1822،

في عدد كبير من البلدان الأوروبية، أشير إلى وضع أنظمة جمركية للحماية، وحتّى للحظر: بهذه الطريقة كان يتمّ تسهيل الاستثمارات في الميادين «الرائجة الكبرى» حيث كان يُرجى التغيير التقني أكثر ما يمكن. نشير كذلك إلى التخفيفات الجمركية بالنسبة للعتاد المستورد من الخارج، وأحياناً تخفيفات ضريبية.

كما أنّ الدولة تظهر اهتمامها بكلّ هذه المسائل من خلال التعليم التقني. في فرنسا كانت المدارس التقنية قد أنشئت في النصف الثاني من القرن الثامن عشر، بصورة خاصّة من أجل تأهيل جهاز الدولة التقني (مدرسة الجسور والطرقات، المناجم، الهندسة البحرية). ثمّ جاءت الثورة واستبدلت هذه المدارس والمدارس العلمية العسكرية (المدفعية والهندسة) بمدرسة علمية عامّة معدّة لتقديم ثقافة علمية معمّقة، قبل التخصّص التقني: إنّها مدرسة البوليتكنيك أو المدرسة متعدّدة الفنون. وبالرغم من أنّ هذا النوع من المدارس أعدّ لتأهيل مهندسي الدولة، فإنّها خرّجت قسماً كبيراً من كوادر الصناعة الخاصّة. وقد ذكرنا كلّ المدارس التي قامت على منوالها في أنحاء القارّة الأوروبية: مدرسة البوليتكنيك في فيينا منذ سنة 1819، مدرسة المناجم الأكاديمية في كييلسي Kielce، في بولندا سنة1861، معهد البوليتكنيك في وارسو سنة 1825. وهناك أيضاً الكثير من الأمثلة.

نعود إلى فرنسا ونذكر مؤسّستين مميّزتين. الأولى انبثقت عن الثورة وهي الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن، انبثق عن الثورة وأيضاً عن طرق التعليم الجديدة التي ولدت في القرن الثامن عشر، التعليم عبر التبيان المادّي والملموس. هكذا كان الأمر مع بعض العلوم الطبيعية، في «حديقة الملك»، ومع الفيزياء في كلّ مقصورات الفيزياء. ومن بدأ هذا النوع من التعليم في مجال التقنيات في الكونسرفاتوار كان القس غريغوار Grégoire: كانت الدروس ترتبط مع تطبيقاتها بواسطة النماذج الموجودة. وبسرعة اتّخذت هذه المؤسّسة طابع مدرسة لأرباب العمل.

على مقياس أصغر بقليل ولدت مدارس الفنون والمهن (الصنائع). بعد أن وضع مسودّتها في ظلّ النظام القديم دوّق ليانكور duc de Liancourt، أستعيدت في ظلّ الإمبراطورية التي كانت تحرص على تأهيل «ضباط صفّ الصناعة» كما تكاثرت في الفترة الاصلاحية. وأصبحت التقنيات، بمعرض تطوّرها وتعقّدها، عبارة عن مشاكل للكوادر الوسطى. وتمثّل لنا المدرسة المركزية للفنون والصناعات، من سنة 1829، المجهود الذي بذله القطاع الخاص من أجل نشر تعليم تقني عالي المستوى.

كانت هناك وسيلة أخرى، بمتناول الحكومة، تشجّع بها التطوّر التقني: الإكثار من المعلومات وطرق إعلامها. بالطبع أرسلت البعثات الرسمية إلى إنكلترا، لكنّها توقّفت

بسرعة. وبعض الحكومات، تحت إلحاح «أجهزة العلماء»، وضعت طبعات رسمية ساعدت على إطلاق الأفكار التقنية الجديدة: نذكر بالنسبة لفرنسا «كرّاسات الجسور والطرقات»، و«كرّاسات المناجم». هل كان الأمر عبارة عن سياسة حكومية أو مبادرة عدد من الموظّفين المهتمّين بهذه المسائل؟

هكذا كان أيضاً هدف المعارض الصناعية التي ظهرت منذ عهد الإمبراطورية. وهذه المواجهة في الإنتاجات كانت أيضاً مواجهة في التقنيات. إنّ أوّل معرض لمنتوجات الصناعة الوطنية يعود إلى العام 1798، وقد كان فكرة فرانسوا دو نوفشاتوه François de Neufchâteau؛ ثمّ تبعته معارض أخرى بصورة منتظمة. ضمن إطار هذه الذهنية أيضاً، ولكن على صعيد أوسع بالطبع، وضعت المعارض العالمية وأوّلها كان في باريس سنة 1851.

أمّا التدخّلات المباشرة فقد قلّ عددها أكثر فأكثر، لا سيّما في البلدان الأكثر صناعية. في فرنسا، كانت مؤسّسة جاكسون Jackson، لصبّ الفولاذ، في منطقة اللوار Loire، بواسطة رؤوس أموال من الدولة سنة 1816، حالة فريدة من نوعها. أمّا في البلدان الأكثر تخلّفاً من الناحية التقنية فمبادرات الدولة نموذجية: هكذا كان الوضع بصورة خاصة في سيليزيا Silésie. كذلك نلاحظ في النمسا تدخّلات مباشرة من قبل الدولة رمت إلى وضع التقنيات الجديدة أو المتقنة.

بعد ذلك كان المقاولون هم من أخذوا المسائل التقنية على عاتقهم. لقد أقاموا المدارس، من المستوى النموذجي حتّى المستوى الأعلى، من مدارس المصانع والشركات لتأهيل العمّال حتّى المدارس العالية: نذكّر بتأسيس مدرسة للتجارة سنة 1819، والمدرسة المركزية سنة 1829، إذا أردنا أخذ مثلين فرنسيين. في كلّ مكان تقريباً ظهرت الشركات، التي سمّيت معظم الأحيان بالشركات الصناعية، وكانت تجمع المقاولين من أجل تبادل الأفكار. وبسرعة كبيرة شرعت تصدر المجلاّت أو النشرات. نذكر بالنسبة لفرنسا أيضاً، شركة تشجيع الصناعة الوطنية، التي تأسّست في ظلّ الامبراطورية وكانت توزّع الجوائز للمخترعين، والشركتين الصناعيتين في مولوز Mulhouse وفي روان Rouen، وشركة الصناعة المعدنية وشركة المهندسين المدنيين، وقد رأت هاتان الشركتان الأخيرتان النور في عهد الامبراطورية الثانية.

ثمّ أخذ الصناعيون يتنقّلون ويعبرون المانش كي يجلبوا الأفكار، الرسومات وحتّى العمّال. بالطبع في كلّ هذه الميادين لم تكن الدولة محايدة، فقد كانت تشجّع، تعين مالياً، تدعم، لكن المبادرة أصبحت تأتي من الجهة الأخرى.

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، أخذ عمل الدولة هنا، الذي يصعب أن

نصفه «بالسياسة التقنية»، يتلاشى أكثر فأكثر. يكفي أن ننظر إلى عملية الظهور البطيئة للتعليم التقني. في فرنسا، وجب انتظار نهاية القرن التاسع عشر وبداية العشرين قبل أن نرى تجسّد التعليم المهني الرسمي، أو إلزام المقاولين بتأمين تأهيل في صفوف عمّالهم. إنّ المصاعب التي نشهدها اليوم بهذا الصدد هي تتمّة ذلك الوعي العسير. في تلك الفترة، انطلقت المعارض ولكنّها أصبحت أكثر فأكثر شأناً يتعلّق بالمقاولين. ونشرات الدولة تجاوزتها كمّية كبيرة من النشرات الخاصّة. حتّى أنّنا شهدنا، في بعض القطاعات المعروفة حتّى ذاك الوقت بأنّها قطاعات دولة، تحويل الصناعات والأبحاث التقنية إلى الميدان الخاص، هكذا مثلاً بالنسبة لكلّ ما يتعلّق بالتسلّح: كلّ الأبحاث حول المعدّات الجديدة تجري في مختبرات المصانع، وعندما تريد دائرة الأوزان والمقاييس الرسمية جدّاً البحث عن عتاد جديد، غير قابل للانتشار، فإنّها تتوجّه إلى إحدى الشركات الخاصّة. هنا نتأكّد من أنّنا في ذروة الاقتصاد الحرّ: لم يعد للحكومات ولو ظلّ سياسة تقنية.

بالطبع يوجد بعض الاستثناءات. لقد أشرنا إلى تدخّلات الدولة، على شكل مساعدة، في الولايات المتحدة، في ألمانيا، في فرنسا، وأكثر أيضاً في البلدان التي كان فيها النموّ الصناعي بطيئاً، مثل بولندا، أو متأخّراً، مثل روسيا أو اليابان. لكن هذه المبادرات هي بشكل عام ذات طبيعة تنقيطية.

اليابان، وحدها تقريباً، تعطي صورة عن سياسة تقنية، عن سياسة نقل لتكنولوجيا متماسكة. مع هذا أشير إلى أنّ دخول أوّل مصهر عال يعود إلى سنة 1858، أي عشر سنين قبل ثورة ميجي Meiji، وقد تمّ عن طريق أحد محاربي الساموراي الذي ترجم عن اللغة الفلمندية بحثاً بلجيكياً عن الصناعة الحديدية. ولكن بعد سنة 1868 قامت سياسة استيراد كاملة للتقنيات الأجنبية، مع محيطها الضروري، لا سيّما، انطلاقاً من العام 1872، تنظيم تعليم تقني متطوّر للغاية. سنة 1872، استفادت الإدارة اليابانية من خدمات 369 أجنبياً: لقد وصل هذا الرقم إلى ذروته سنة 1875، مع 527 أجنبياً. ومنذ سنة 1870 ضمّ مجلس الوزراء الياباني وزارة للصناعة.

في الحقيقة، المسائل التقنية التي لا تهملها الدولة، لم تكن تشكّل بعد اهتماماً أكبر. ولهذا الأمر أسباب عديدة. السبب الأوّل، وربّما الأهمّ، هو أن المستوى التكنولوجي يمثّل مصدراً للقلق. إنّ الأمم الأكثر صناعية تقع نوعاً ما على مستويات متعادلة بعض الشيء. لا يوجد تلك «الهاوية التكنولوجية» التي تكمن اليوم خلف اهتمامات كبيرة جدّاً. السبب الثاني، وهو أيضاً مهمّ، هو أنّ كلفة الأبحاث ما تزال تقف عند حدود منطقية معقولة، أي قابلة لأن تُعتمد من جانب المؤسّسات الخاصّة.

حتّى أنّه لا يبدو أنّ الحرب العالمية الأولى قد حملت، في المجال الذي يهمّنا هنا، تغييرات عميقة. كما لم يتمّ وضع تقييم تقني لحرب السنوات 1914-1918، وهو تقييم ربّما كان على درجة كبيرة من الإفادة. لقد سبق أن أشرنا إلى أنّه، حتّى في المجال حيث بإمكان التقنيات أن تتقدّم بأسرع ما يمكن، كانت التطوّرات ضعيفة نسبياً: هكذا مثلاً بالنسبة لحقل الطيران. ويعود هذا أيضاً إلى أنّنا نتناول تقنيات قريبة من مرحلة تشبّعها. سيكون الأمر غير ذلك إبّان الحرب العالمية الثانية.

طلائع سياسة تقنية

لا شكّ في أنّ الحرب العالمية الثانية تشكّل منعطفاً، ومنعطفاً أساسياً في مفهوم التطوّر التقني. كانت الحرب العالمية الأولى قد أبرزت عدد المقاتلين ودرجة مقاومتهم وكذلك غزارة إنتاج صناعي معيّن. ضمن هذا الإطار، كنّا في تلك الفترة قريبين من نظريات تايلور Taylor في التنظيم الصناعي وليس من تنظيم للتطوّر التقني. إذن مؤخّراً عاد التطوّر التقني، مأخوذاً بمجمله وليس عبر لمسات منفصلة، ليكون مسألة سياسية. كذلك نشير، مستعيدين إحدى عباراتنا الأخيرة، إلى أنّ تكاليف البحث ارتفعت بشكل يضطر هذا البحث إلى المرور حتماً بمستوى الدولة. ولا شكّ في أنّ عمليات التأميم التي جرت في بعض الدول بعيد الصراع العالمي الأخير، ومشاريع التخطيط التي نلتقيها في الكثير من الأمكنة قد ساهمت بظهور السياسات التقنية.

إنّ اجتماع عدد معيّن من الأحداث هو الذي أدّى إلى وضع جديد كلّياً. ولنحاول تصنيفها بإيجاز: بدا التطوّر الاقتصادي مرتبطاً أكثر فأكثر بالتطوّر التقني؛ مفهوم الاستقلال الوطني أصبح يمرّ أكثر فأكثر عبر التمكّن من بعض التقنيات؛ كلفة الأبحاث ارتفعت بصورة مفاجئة؛ وتحدّد وجود محيط مؤسّساتي (تأميمات، تخطيط).

كلّ هذا أدّى إلى أشكال من تدخّل الدولة تتفاوت تبعاً للبنيات السياسية والاقتصادية. ولكن يجب أن لا يلتبس علينا الأمر، إنّ البنيات ذات الطابع الليبرالي جدّاً لا تعني أنّ تدخّل الدولة يكون أقلّ: وهذا ما نلاحظه بالنسبة للولايات المتّحدة.

قد يتراءى لنا أن الخطوة الأولى كانت في تزويد الدول بالوسائل والمؤسّسات الضرورية لوضع سياسة تقنية وتنفيذها. ولكن يبدو أنّنا هنا ما نزال في مرحلة البدايات؛ هناك بلدان أنشأت وزارات للتقنية، أو للبحث العلمي والتقني، وزارات معرّضة أحياناً للزوال. وفي بلدان أخرى عهد بهذه المسائل إلى وكالات وطنية، كما في الولايات المتحدة، أو إلى بعثات ولجان عامّة، كما في فرنسا،إيطاليا أو إلمانيا. ونشعر بعض الشيء بعدم النجاح في

اختزال الخطط العضوية؛ فالمؤسّسات القديمة ما تزال تحتفظ بقسم من نفوذها: هكذا مثلاً بالنسبة للبحث العسكري، للبحث الزراعي أو الطبّي، للبحث الجامعي، ويصعب تصوّر استبدال هذا التناثر في المسؤوليات بجهاز واحد وتأمين اتّصالاته جميعها مع البحث الحيوي بشكل جيّد. من هنا حتماً يأتي تضخّم المؤسّسات، الذي يؤدّي إلى التنافسات، إلى تردّدات في السياسات، وبأيّ حال إلى نقص فادح في تنسيق سياسة شاملة وإلى هدر للطاقة وللمال.

منذ وقت ليس ببعيد، كان ميشال دبريه Michel Debré، في فرنسا، يطالب بوزارة للعلم، حيث كلمة العلم تؤخذ بمعناها الواسع وتتضمّن إذن جميع المسائل التقنية. «العلم هو إحدى ضرورات الحياة الاجتماعية. أن نزيد من قدرة الإنسان يعني أن نخفّف من عنائه ونؤمّن له بعض الرفاهية. العلم ورفيقته التقنية هما اللذان سمحا، وسيسمحان دوماً بتعديل شروط حياة العمّال ووضع المرأة». وأضاف بعد ذلك المقطع الذي لا بد منه حول البحث الطبّي. في مكان آخر يطرح هذا الباحث مسألة مهمّة:

هناك ملاحظة أخيرة أساسية. على المستوى الذي وصلت إليه وستصل قريباً بعض الفروع العلمية، وليس فقط في ما يتعلّق بالذرة، تنطرح مسائل الاستعمال، أحياناً على صعيد سياسي، وأحياناً أخرى على صعيد أدبي. إنّ الحوار بين العلماء والباحثين من جهة، ومسؤولي الحياة الوطنية والمجتمع من جهة أخرى يتجاوز النطاق التقليدي لفكرة الاستعمال التي قد نكوّنها عن تطوّرات المعلومات والتقنيات. إنّه يصبح حواراً أساسياً بالنسبة للعرق البشري، بالنسبة للوعي البشري. وعلى السلطة، الحاكمة في أمّة معيّنة مثل فرنسا، أن تفهم فحوى هذا الحوار الداخلي؛ وأن تكون في نفس الوقت على مستوى المشاركة بحوار آخر مع سلطة الأمم الأخرى.

سنعود لاحقاً إلى هذا الموضوع المهمّ.

السياسة التقنية ليست هدفاً بذاته، ولا يسعها أن تكون كذلك. يتعيّن عليها أن تلبّي الملزمات الاجتماعية، الاقتصادية، المادّية، والسياسية بالمعنى الواسع للكلمة. لا يجب أن تكون معزولة، وهذا في الحقيقة أمر لا يمكن تصوّره، ولا حتّى محصورة ضمن اتّجاه واحد. كما ينبغي إقامة توازن بين كلّ النتائج الممكنة للتطوّر التقني، أو أن يتحقّق هذا التوازن بمشاركة مختلف القوى الحاضرة، أو أن يكون نتيجة خطّة عامّة أكثر. مع هذا لا نشكّ بأنّ بعض هذه الملزمات تتقدّم من حيث الأهمية على الأخرى. بشكل خاص لاحظنا أنّ المتطلّبات العسكرية، أقلّه انطلاقاً من فترة معيّنة، مارست ضغطاً كبيراً على البحث التقني، لا سيّما خلال الحرب العالمية الثانية. كذلك بإمكان النقص في المواد الأوّلية أن يقود إلى اختراعات مهمّة. من فحم الكوك في المصاهر العالية إلى الكاوتشوك الاصطناعي وكلّ المواد البديلة.

ضمن هذا الإطار الأخير ارتفع سؤال مهمّ جدّاً: العلاقة بين المستوى التقني لأمّة معيّنة واستقلالها الوطني. من هنا تأتي أبحاث متوازية وكثيرة، مصدر للتبذير، لمنع انتقال التقنيات وكلّ العوائق التي قد تنشأ بهذا الصدد.

السياسة التقنية تعني قبل كلّ شيء تحليل الوضع القائم، ثمّ حتماً اعتماد تطلّع معيّن. ضمن هذا التطلّع هناك عناصر موجودة أصلاً: أهمّها التكنولوجيات المتشكّلة مسبقاً والتي يتعيّن إدخالها إلى بلد معيّن. بالطبع المسألة ليست بالسهولة التي قد تتراءى للوهلة الأولى، فعدا عن القيود المالية، خصوصاً كلفة الإجازات، ولكن أيضاً قيد الاستثمارات الكبيرة والصغيرة، هناك نوع من الاستعمارية التقنية. وهناك أيضاً مصاعب أخرى: انسجام مع التقنيات الموجودة، توافق مع النظام الاجتماعي القائم، تكييف مختلف البنيات.

في البلدان الأكثر تقدّماً لا يتعلّق هذا التطلّع بانتقال التكنولوجيا بقدر ما يتعلّق بالإبداع، بالتجديد. مع هذا يجب التمييز، ففي الواقع هناك خطوط بحث تفرض نفسها، وهي ما أسميناه تطوير التقنيات غير المشبعة، والمثل الذي يذكر دوماً هو مجدّدات المفاعلات الذرّية. كذلك هناك الطرق الجديدة. بالنسبة لأولى الحالات، تقوم السياسة التقنية على تقديم الوسائل الضرورية من أجل متابعة الأبحاث التي يكون منحاها ونتيجتها التقنية، من حيث المبدأ، معروفين أصلاً.

في الحالة الثانية الصعوبات هي أكبر بكثير، الأبحاث التي نملكها حول هذا الموضوع هي أمريكية الأصل بشكل خاص، على الأقلّ في البداية. لنحاول أن نسلسل المسائل؛ الأولى هي السياسة العلمية التي يجب في ما بعد أن تدير السياسة التقنية. لقد أصدرت أكاديمية العلوم في الولايات المتّحدة عملاً مهمّاً بعنوان «العلم النظري والأهداف الوطنية». يطرح هذا المؤلّف بوضوح موضوع مقاييس اختيار العلم من أكثر من ناحية، ميتودولوجية ومؤسّساتية، ردّاً على أسئلة طُرحت على الأكاديمية من قبل المنابر البرلمانية.

أ) ما هو مستوى المساعدة الفدرالية الضرورية من أجل أن نؤمّن للبلد عبر البحث النظري دوره الطليعي في تقدّم العلم والتكنولوجيا وتطبيقاتهما الاقتصادية والعسكرية؟

ب) ما هو الحكم الذي يمكننا القيام به على توازن الدعم الذي تقدّمه حالياً الحكومة الفدرالية لمختلف ميادين المجهود العلمي وعلى التسويات التي يمكن النظر فيها؟

في الواقع كان بالإمكان اختصار المسألة إلى نقطة واحدة: هل بالإمكان برمجة البحث العلمي، من جهة من أجل تنميته الخاصة، ومن جهة أخرى بغية الحصول على فعاليته التقنية؟ حالياً لم نزل عند حدود الدراسات المبدئية وغير العارف بالأمور قد يتبسم إن نحن أخبرناه بأنّه يمكننا التعرّف مسبقاً، ليس إلى الاكتشاف العلمي بحدّ ذاته، بل إلى

القطاع الذي سيحدث فيه وآثاره الرئيسية. المشاريع التي تسعى لتخطيط الأعمال العلمية وفقاً لطرق الحساب الاقتصادي الجارية تُركت بسرعة، ولكن عندئذ كنّا نقع في نوع من الالتباس. بالطبع الأبحاث التي أجريت خلال الحرب العالمية الثانية، والتي كانت تنصبّ بشكل أساسي على المسائل العسكرية، شكّلت مرحلة أولى من مراحل التخطيط العلمي. نحو الستينات، تجلّى أكثر فأكثر أنّ فائدة العلم هي جوهرية للتنافس الصناعي بين البلدان المتطوّرة، ومن هنا سلسلة ثانية من الدراسات المهمّة. كانت صياغة السؤال تبدو مشابهة ولكن أوسع لأنّه كان عليه أن يغطّي عدداً أكبر من القطاعات: ما هو مقياس اختيار عمليات البحث بهدف الحصول على التطوّر التقني ومن خلاله على التطوّر أو النموّ الاقتصادي؟ يتعيّن علينا أن نشير إلى أنّ هذا الاختيار ليس حرّاً وأنّه يتوقّف على اختيار مسبق لسياسة معيّنة: ما هي القطاعات التقنية التي يجدر تنميتها؟ بعبارة أخرى، كما أشار ف. بيرّوه F. Perroux، هناك تناقض بين السياسة في خدمة العلم والعلم في خدمة السياسة. «بتحوّلها إلى السياسة، أصبحت المسائل العلمية مسائل وطنية». سنة 1962، بالنسبة لمجمل مقوّمات البحث والتنمية كانت ميزانية الدفاع تمثّل 61% في الولايات المتحدة، و36,9% في بريطانيا، و37,5% في فرنسا. الدفاع بحدّ ذاته زائد الأبحاث الذرّية والفضائية يمثّل في الولايات المتّحدة 89%، في بريطانيا 78,5%، وفي فرنسا 64% من اعتمادات البحث.

الدراسات من خلال معايير الحساب الاقتصادي، ضمن إطار الاهتمامات بالتنافسية الاقتصادية، جرت آخذة بعين الاعتبار التبادلات بين البحث والإنتاج تحت شكل جداول مزدوجة المدخل من نوع جداول ليونتييف Léontief. ولكن سرعان ما اكتشف أنّ المعطيات الإحصائية كانتْ تجعل هذه النماذج مستحيلة، ولهذا تمّ التعديل في الأساليب؛ عندئذ جرى وصل جدول بحث/بحث مع جدول بحث/إنتاج. في الواقع، كان واضحاً أنّ الأعمال العلمية المطبقة على الصناعة تعتمد مخطّطاً معقداً من المواد ومن ضمنها، بصورة خاصّة، الرياضيات التي كثيراً ما استعملتها مجموعة الباحثين والتي قلّما استعملت على مستوى الإنتاج. وكان عدد كبير من المجالات ينتظر تقديم التوضيحات والتحديدات الكثيرة.

هذه الأبحاث النظرية، التي لم تعطِ بعد كلّ ما يمكنها تقديمه فعلاً، كانت أساس بعض السياسات العلمية، في الولايات المتحدة كما في البلاد الأوروبية. ولكن ما يزال هناك الكثير من الشكّ وعدم اليقين، فعدم فعالية البحث الإنكليزي، والشكّ المتزايد في أوساط المشرفين الأمريكيين يظهران الحدود التي كنّا نسير نحوها. ونذكر نصّاً من إحدى الدراسات التي صدرت حول الموضوع:

إنّ لأمر تجدر ملاحظته اليوم، وبقوة؛ لا يوجد بلد يملك فعلاً سياسة علمية. فهذه الأخيرة قد تشكّلت في الواقع، كما يشهد التقرير حول السياسة العلمية الأمريكية، من مجموعة كاملة من السياسات المصغّرة التي يقودها عدد من الأجهزة أو الوزارات وفقاً لحاجاتها الخاصّة.

أليس الأمر كذلك بالضبط بالنسبة للبحث التقني المحض؟ في أنظمة الاقتصاد الرأسمالي بقينا على نطاق واسع ضمن حدود ما كان ريكاردو Ricardo يسمّيه «أسرار الصناعة». تقوم مختبرات المؤسّسات بأبحاث عملية للتوصّل إلى اختراعات تأمل هذه المؤسّسات باحتكارها أطول مدّة ممكنة. في العديد من الحالات اقتصر دور الدولة، في هذا المجال، على الإعلام من جهة، وعلى الاحتفاظ بهذه الامتيازات من جهة أخرى. هذا ما كان عليه مدلول البراءة، وهي أداة ملكية ووسيلة للنشر في الوقت نفسه. ونفهم بسهولة أنّه طالما يتعلّق الأمر بالبحث النظري، نترك في معظم القطاعات للدولة أمر النفقات الملحة أكثر من غيرها؛ وما أن يتعلّق الأمر بالتطبيقات الصناعية حتّى تحاول المؤسّسات أن تعود وتأخذ زمام المبادرة. ويبقى السؤال مطروحاً: إذا كانت الدولة تنزع للبحث النظري، فإنّها تتجاوز دورها عندما تحاول أن تبرمج وتوجّه البحث التقني.

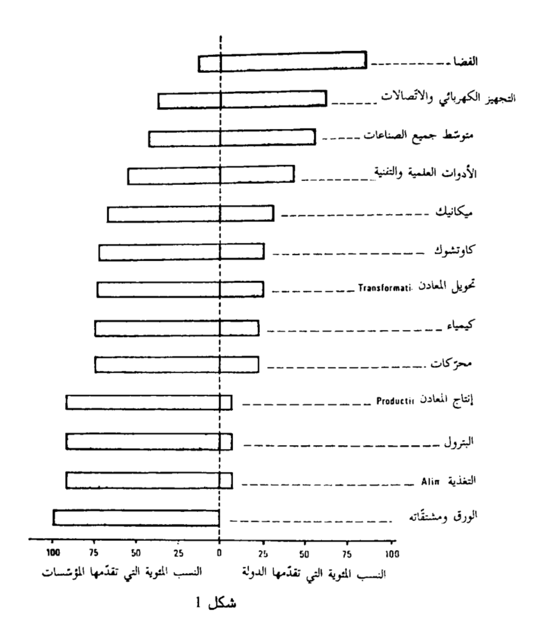
الواقع الأوّل هو دون شكّ كلفة البحث التقني. وهذه الكلفة لا تتوقّف عن التزايد لأنّها تتطلّب موارد مادّية وبشرية أكبر فأكبر حجماً. بعبارة أخرى، عند مستوى معيّن، وحدها الشركات الكبيرة جدّاً، وحدها الدول الكبيرة بإمكانها أن تؤمّن وسائل هذا البحث. هذا البعد الأدنى هو دون شك ما ضمن في الولايات المتّحدة الإبقاء على نوع من الليبرالية الإقتصادية. في أماكن أخرى، الدولة هي التي تضطرّ للحلول مكان المؤسّسات الضعيفة جدّاً، لا بل أحياناً تجمّعات من الدول. في كتابه الشهير حول «مراحل النمو»، كان و. و. روستو W.W. Rostow يشير إلى عدد من الميول الضرورية من أجل إقلاع هذا النمو: لقد ذكر بشكل خاص الميل إلى التجديد. ولنكن أكثر دقّة، مع هذا الميل إلى التجديد ينبغي أيضاً الكلام عن الميل إلى الاختراع. وقد يكون بالإمكان تحديد عتبة معيّنة: مثلاً تخصيص النسبة المئوية كذا من إجمالي الناتج الوطني للبحث. في هذه الحالة تكون البلدان الغنية، البلدان الغنية جدّاً وحدها قادرة على جمع الثروة الضرورية لبحث فعّال. في الولايات المتّحدة، بلغت هذه النسبة 3% كي تهبط، سنة 1972، إلى 2,6%. خلال السنتين 1964-1963 كان مجموع قيمة الاستثمارات في البحث في الولايات المتّحدة يبلغ 21 مليار دولار مقابل 3,4 للسوق الأوروبية المشتركة، و 6,2 مليار لأوروبا الغربية برمّتها. سنة 1966، كانت النسب بالنسبة لإجمالي الناتج الوطني على الشكل التالي:



الولايات المتّحدة	3,4 %
إنكلترا	2,3
هولندا	2,0
فرنسا	1,6
ألمانيا	
اليابان	1,4
السويد	
إيطاليا	0,6

الواقع الثاني ينبثق بشكل طبيعي عن الأوّل. هناك هوّات (gap) تنفتح أكثر فأكثر عمقاً بين مختلف القوى على صعيد التقنية. أصلاً البلدان الصناعية القديمة هي خلف الولايات المتّحدة بكثير، فماذا نقول عندئذ عن البلدان النامية؟ إنّ العلاقة بين الظاهرتين هي واضحة تماماً كوضوحها في ما يتعلّق بالنمو الاقتصادي. بالنسبة للفترة 1960-1966 قُدّر أنّ 50% من التزايد في إجمالي الناتج الوطني في الولايات المتّحدة كانت تعود إلى التطوّر التقني. بالنسبة للفترة 1945-1965، بلغ متوسّط التزايد السنوي لإجمالي الناتج الوطني في الولايات المتّحدة 2,5%؛ متوسّط التزايد السنوي في المبيعات الصافية للشركات الخمس الكبيرة التي تنتمي إلى ميدان التكنولوجيا الأكثر تقدّماً كان 16,8%.

تبعاً لهذه الحقائق تحدّدت السياسات الحكومية: والأوضاع المختلفة تؤدّي بالضرورة إلى السياسات المختلفة. ولكن يوجد مع هذا قواعد مشتركة؛ في الواقع ليس هناك أيّ بلد، ومهما كانت الأنظمة الاقتصادية، يمكن أن يجري فيه البحث دون قرض من الدولة. الجدول المرافق يظهر أنّه في الولايات المتّحدة تتغيّر مساعدة الدولة حسب القطاعات الاقتصادية، ولكنّها أبداً تقريباً لا تكون معدومة (شكل 1). هناك من جهة أخرى حدود لهذه المساعدة، حدود ليست بالضرورة من النوع المالي المحض. لقد لاحظنا هبوط طفيف في النسبة المئوية من إجمالي الناتج الوطني المخصّصة للبحث في الولايات المتّحدة. هذا في الواقع لأنّ هناك على ما يبدو تشبّع في مجهود البحث، إذ إنّ الولايات المتّحدة قد تتوقّف بحكم الفيض في النتائج وعند استنتاج عقم في الجهود الجديدة، لأنّ خزّان المعلومات الأساسية الذي يغذّي البحث التطبيقي قد لا يتجدّد أو قد يتجدّد ببطء ومع فارق أكبر فأكبر بالنسبة للنتائج العملية المرجوّة. وهناك أكثر من هذا، فالبحث في الواقع قد خلق احتياجات معيّنة، وأطلق في السوق منتوجات معيّنة. كما قيل، التحويل إلى البطالة 1250000 مستهلك للمواد المبتكرة اصطناعياً من أجل المشاركة بالبرامج الفضائية هو اجتماعياً واقتصادياً أمر غير ممكن.



شكل 1

السياسة الأمريكية لا تفتقر إلى المرونة بينما تتّسم الأخرى بطابع التصلّب نوعاً ما. إنّ مهمّة السياسات التقنية هي في إعداد القرارت في ميدان التقنية؛ عليها إذن أن تتضمّن من جهة بعض الترابط، ومن جهة أخرى أن تتناول مجمل الأسئلة التي تتعيّن الإجابة عنها.

I . يجب وضع المسائل البشرية في المقدّمة. إنّ عدد ونوعية الباحثين هما عنصران مهمّان من عناصر البحث، وفي هذا حقيقة بديهية. رغم أهمّية العدد في هذا الميدان فلا يتوجّب عليه أن يكون رقماً مطلقاً، إذ نفضّل، بالنسبة للأرقام التي قدّمت لنا، أن ننسبه إلى عدد السكّان العام. بالنسبة لسنة 1962، كان لدينا الأرقام التالية:

عدد الباحثين لكلّ 10000 مواطن

فرنسا	5,8
ألمانيا	6,7
بلجيكا	7,1
هولندا	9,7
الاتحاد السوفياتي	16,2
بريطانيا	20,4
الولايات المتّحدة	23,3

العنصر الثاني هو نوعية الباحثين. إنّ تأهيل الباحثين يمثّل نقطة أساسية، إذا هنا تنطرح كل مسألة التعليم التقني، هذه المسألة التي حُلّت عبر مؤسّسات خاصّة كما في الولايات المتّحدة، أو عبر السلطات العامّة. التنظيم، البرامج التمويل هذه هي أهداف سياسة التعليم التقني، والكيفيات هي بالطبع مختلفة تبعاً للبلاد: وهي لا تكشف عن اختلاف في المتطلّبات بقدر ما تدلّ على أساليب وذهنيات متنوّعة. في بعض الأماكن أقيمت المدارس الكبيرة، الانتقائية التي تضمّ النخبة، وهي علمية أكثر منها تقنية. وفي أماكن أخرى أنشئت الجامعات، أكثر انفتاحاً ولكن أقلّ اهتماماً بالمسائل المادّية الملموسة. هناك الميول التي تنشأ مع مراحل التعليم الابتدائية والثانوية، وهي مجرّدة كثيراً معظم الأحيان، وهناك التأهيلات النظرية جدّاً. وإنّه لأمر مهمّ أن نلاحظ أنّه في عدد كبير من البلدان لم تتقدّم الأبحاث كثيراً في هذا المجال من أجل تقديم العناصر اللازمة والصحيحة لمن تقع على عاتقهم مسؤولية اتّخاذ القرارات.

II ـ في الواقع يطغى الجانب المالي على كلّ المسائل المادّية. كما أنّه يجبر على اختيارات معيّنة لأنّه ليس بالإمكان القيام بكلّ شيء في نفس الوقت. وهذه الاختيارات تقع على مستويات عدّة.

الأوّل، وهو الأدقّ دون شكّ، هو التقاسم بين العلم النظري والعلم التطبيقي والبحث التقني (بما فيه ما يُسمّى بالتنمية).

الثاني هو اختيار القطاعات التي يجب صبّ الجهود عليها.

الثالث هو طبيعة الأسس المستعملة (مصدر خاص، مصدر عام)، وتوازياً المستفيدون من النتائج.

الرابع هو تنظيم المعلومات وكيفيات توزيعها.

III ـ الناحية المؤسّساتية هي نوعاً ما عبارة عن جمع بين الناحيتين السابقتين. يتعلّق الأمر بتوظيف سياسة تقنية محدّدة مسبقاً، وهذا لا يطال فقط المؤسّسات المعنية مباشرة

بالتقنية (مختبرات، براءات، الخ). بل يستلزم أيضاً وضع كلّ المؤسّسات، بما فيها القانون، بوضع يسمح لها بالتكيّف مع التغيّر التكنولوجي.

ها نحن إذن في قلب المشكلة. هناك فروقات شاسعة بين التكنولوجيات التي يمكننا تسميتها بالتكنولوجيات «الوطنية»، من جهة أخرى الدراسات النظرية من أجل تكوين سياسة علمية أو تقنية هي غير كافية من أجل تحديد عمل فعّال وحسن النتيجة. في الواقع إنّنا نبقى في ميدان تجريبية قد لا تكون عامّة، ولكن واسعة جدّاً. مرّة أخرى نكرّر أنّه لا وجود لحلّ شامل: في هذا المجال، تسمح أبعاد الدول باختيار حلول متنوّعة، من الرأسمالية الحرّة إلى الجماعية. وعلى درجة أدنى، يتعيّن ما إذا كانت الخيارات على نفس القدر من الحرّية. كذلك تجدر الإشارة إلى اختلاف ردود الفعل، أنواع ردود الفعل حسب البلدان؛ في الولايات المتّحدة تعمل الجامعات غالباً بالتنسيق مع الصناعة الخاصّة، وحتّى مع السلطات العسكرية. إذا نظرنا إلى ما يجري في فرنسا، نلاحظ صعوبة العلاقات بين الجامعة وصفّ أرباب العمل المنتجين، والقلق حيال علم بحت، والخوف الذي قد يُحدثه البحث عن تطبيقات عسكرية للأبحاث العلمية. بالنهاية فإنّ معظم معطيات المسألة تظهر على قدر من الإبهام، وقد أشير إلى هذا الأمر:

إنّ التعقّد المتزايد لنظام العلم، لتعلّقه بالمجتمع وبالمؤسّسات التي تحيط بعمل البحث وتدعمه، يعقّد كثيراً مهمّة الأجهزة المركزية للسياسة العلمية المكلّفة بتنسيق مختلف هذه النشاطات؛ مهما كان من جهة أخرى حجم البلد ونظامه السياسي.

ليست الدروب سهلة بالنسبة لسياسة تقنية، وبالنهاية الأوضاع هي التي تتحكّم. هناك سياسات البلدان الغنية والقويّة، هناك سياسات البلدان المصنّعة منذ زمن ولكن ذات الأبعاد التي لا تسمح بالقيام يبحث واسع، وهناك البلدان المسمّاة بالنامية والتي يمكننا القول انّها غير مستقلة تقنياً.

إنّ السياسة الأمريكية في البحث التقني تتعلّق بمبادىء ليبرالية؛ في الواقع، باستثناء بعض القطاعات المحدودة، لا تحاول الدولة بأيّ شكل كان أن تحلّ مكان المبادرات الفردية، أكانت صادرة عن الشركات أم عن الجامعات. وبالمقابل هناك حصّة لا يستهان بها من القروض تُخصّص بالتحديد للقطاع الخاص. في سنة 1966 قدّمت الدولة 62% من اعتمادات البحث، الصناعة 33%، والجامعات 4%. من جهة أخرى استعملت الصناعة 69% من الاعتمادات الكلّية، والجامعة 13%.

أبرز مثل بهذا الصدد هو مثل الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء ناسا N.A.S.A. فقد نظّم هذا الجهاز الرسمي عملية نشر واسعة لتقنياته، التي نعرف أنّها تتعلّق بعدد كبير من

القطاعات. منذ الانطلاقة حتّى نهاية العام 1972، ارتفعت المصاريف بهذا الشأن إلى خمسة وثلاثين مليون دولار. فالإدارة لم تقتصر على الأبحاث التي أجرتها من أجل استبيان التطبيقات العملية لبعض الاكتشافات، بل أقامت ستّة مراكز إعلام في الولايات المتّحدة من أجل نشر هذه الاكتشافات وهذه التطبيقات. هكذا يكون ما يقارب 2300 براءة قابلة للاستثمار مع رخصها، وإدارة ناسا لا تطلب أيّ قسط ولكنّها تختار من تعطيهم الرخص وبشكل عام لا تمنح أي حقّ بالتفرّدية. وهذا بحكم اهتمامها الشديد بالفعالية. بالطبع يفتح *المجال أمام الأجانب للوصول إلى هذا الكنز التقني* ولكن هنا تكون شروط الاستخدام أكثر صرامة.

أمّا في يخصّ برمجة الأبحاث فقد أُدرك بسرعة، كما أشرنا، أنّها تبقى صعبة جدّاً، أو حتّى مستحيلة. لذا اقتُصر على الأعمال الواسعة جدّاً، وبالتالي غير الدقيقة والواضحة. بين العامين 1956 و 1967، في ما يتعلّق باعتمادات البحث، انتقلت الحصّة المخصّصة للبحث النظري من 6,3 إلى 12,6%، وحصة البحث التطبيقي من 19,8 إلى 20,7%، والتنمية، بصفتها ميدان الاختراع والتطبيق الصناعي، من 65,4 إلى 62,4% والتجهيز من 8,5 إلى 4,3%. ثمّ يبدو أنّه جرى تعديل في هذا التقسيم؛ فقد ظهر البحث النظري مشبعاً بعض الشيء ولهذا قلبت الميول. ونعود إلى نقطة الانطلاق: إنّ برمجة البحث العلمي هي شبه مستحيلة. في هذه الحالة ألا يتوجّب الانطلاق من تحليل أكمل للتقنيات، وتمييز ما هو مشبع ممّا ليس مشبعاً بعد، والبحث عن سبل للتنمية والطلب من العلم ما تحتاجه التقنية ضمن هذه الرؤية؟ والوضع يختلف حتّى في ما بين البلدان المصنّعة منذ فترة طويلة. لا يمكن الإنكار أنّ الحرب العالمية الثانية ساهمت بتطوّر تقني كبير، وقد تحقّق هذا التطوّر بشكل أساسي في الولايات المتّحدة، إلاّ أنّ حلفاء هذا البلد، لا سيّما في بريطانيا، كانوا على اطّلاع دائم، بصورة شبه يومية، على ما يجري من تجديدات في ما وراء الأطلسي، حتّى أنّهم شاركوا فيها إلى حدّ ما. نضيف إلى هذا الروح العملية التي يتمتّع بها الإنكليز من أجل فهم تقدّم بلدهم المميّز على البلدان الأخرى. ثم حصل ما كان يجب أن يحصل، ما أن أخذت عادة العمل المشترك، ما أن انتهت الحرب، لأسباب تسهل معرفتها، حتّى تكوّنت لدى التقنيين البريطانيين رغبة واحدة: الذهاب إلى المختبرات الأمريكية المجهزة والمموّلة بصورة أفضل منها في أيّ مكان آخر. لا يمكن تفسير «تسرّب الأدمغة» بغير هذا ولا شكّ في أنّه ساهم بالنجاحات الأمريكية في فترة ما بعد الحرب.

في تمّوز 1973 أجريت مقابلة مع الوزير الفرنسي المسؤول، ضمن أمور أخرى، عن هذه القضايا تعطينا صورة واضحة تماماً نوعاً ما عن المصاعب المطلوب اجتيازها. «إنّ

عملية وضع سياسة بحث هي عملية تحتاج إلى نفس طويل جدّاً. لقد كنّا نضطر إلى الإقرار بعدم وجود قياس موضوعي للاحتياجات، كما كان أُعلن أنّ المجهود انصبّ بشكل رئيسي في ثلاثة ميادين، سمّيت بالبرامج الكبيرة: التصميم الحساب، مصنع إثراء اليورانيوم، الصاروخ ل III س (L III S). عبر هذا يمكننا جيّداً أن نقيس مدى تأكيدات ف. بيرّوه F. Perroux: في الواقع اليورانيوم هو أوّل مادّة بالنسبة للقنبلة الذرّية، المطلِق هو ضروري تماماً كما الحاسبات الإلكترونية من أجل حساب المسارات. لا يوجد أدنى شكّ بوجود إرادة الاستقلالية، لأنّ المطلقات والحاسبات هي أيضاً ضرورية من أجل أواليات النقل والتوزيع، ولكن هناك أمراً واقعاً: توجد طريقتان لتمويل البحث، الذرّ أو التركيز على أهداف كبيرة. تفتقر الأولى بالطبع إلى الفعالية، بينما تستلزم الثانية خيارات جائرة، لا يمكن أن تخرج عن نطاق بعض الرؤى.

يؤدّي التطوّر التقني بالضرورة إلى قيام مشاكل في البنية، وتنطرح هذه المشاكل على أكثر من مستوى، على أكثر من صعيد. كما تنجم عنها نتائج لا يمكن معها للسلطة السياسية أن تتجاهلها وإلاّ تقوم الفوضى. وعدم تجاهلها يعني بالنهاية اقتراح أو اتخاذ القرارات اللازمة.

اليوم يظهر تقدّم التقنيات بصورة تمكّن المؤسّسات الكبيرة وحدها من الاستفادة منه. في نظام الاقتصاد الحرّ، يمكننا أن نفترض أنّ مؤسّسة واحدة تكون قادرة على اكتساب واستثمار التقنيات الأكثر تقدّماً، ونلمس وجود امتيازات من هذا النوع في بعض القطاعات مع كلّ نتائجها على السوق. هناك حالات، وحالات مهمّة، تظهر فيها إمكانية اتّخاذ طريقين اثنين، وهنا لا بدّ للسوق من الانقسام إلى قطبين. هذا الظرف قد يحدث على الصعيد الدولي وينتقل عندئذ الامتياز إلى شركات دولية خارج، أو جزئياً خارج السلطات السياسية المحلّية. وكما فكّرت بعض البلدان بالاتّحاد من أجل ردم الهوّة التقنية التي كانت تفصلها عن الأمم الكبيرة، جرت المحاولة لتجميع المؤسّسات من أجل وضعها في مصاف المؤسّسات الدولية المتعدّدة الجنسيات الكبيرة، المسيطرة على التقنيات الرائجة.

لنذكر حالات واقعية. إنّ الشركة الأمريكية آي. بي. إم IBM تأتي في طليعة الشركات المنتجة للحاسبات الإلكترونية، كذلك كما رأينا يوجد حالياً سياقان نوويان مربحان اقتصادياً، وهذان السياقان هما في متناول شركتين كبيرتين أمريكيتين أيضاً هما وستنغهاوس Westinghouse وجنرال إلكتريك General Electric. لقد قلنا إنّه بالنسبة للحاسبات أنشئت شركات محلّية كبيرة، مع دعم الدولة المالي لها، في إنكلترا وفي فرنسا: هنا نصادف مثل تدخّل الحكومة من أجل حلّ مشكلة بنيوية. بالنسبة لإنشاء المفاعلات

النووية تباعدت السياستان الإنكليزية والفرنسية، فقد قامت بريطانيا بتوحيد كلّ المنشئين الممكنين بينما قامت فرنسا بإنشاء مجموعتين متنافستين كلّ منهما مجازة من قبل واحدة من الشركتين الأمريكيتين. اليوم جرى تعديل في هذا التقسيم وأعطي امتياز مشترك للكروزوه ـ اللوار Creusot - Loire، في الواقع كان القرار يتعلّق بوجود أو عدم وجود أسواق خارجية؛ إذا قدّر أنّ مجموعتين متنافستين هما كثيرتان بالنسبة للسوق الداخلي الفرنسي فقد كان بالمقابل من الممكن الاعتماد على التصدير. بريطانيا لم تشأ الخضوع لهذه المخاطرة فأقامت شركة واحدة تستطيع في وقت واحد تزويد السوق الداخلي والتصدير. كذلك رأينا أنّ مصنعي تصفيح متواصل كانا كافيين لتزويد فرنسا بالصفائح وحول هذين المصنعين تجمّعت كلّ الصناعة الحديدية الثقيلة. هنا كما في مجال الصناعة الكيميائية الكبيرة أو الصناعة الميكانيكية، هذه التوحيدات وإنشاء المؤسّسات المركزية الكبيرة أرادتها ودعمتها الحكومة التي أدركت أنّ التطوّر التقني يمرّ حتماً من هنا. إلاّ أنّ الحكومات لم تسلك هذا الطريق بعيداً عن بعض القلق والمخاوف، فكلّ ديموقراطية تتخوّف طبيعياً من أنواع الإقطاع الإقتصادي، وتتخوّف أكثر من الاحتكارات: في هذه الحالة الأخيرة كان الحلّ الوحيد في إحلال احتكار الدولة بدلاً من الاحتكار الخاص (سكك الحديد، الطاقة، الخ.).

التوتّرات الجغرافية، التي جرى تناولها في فصل آخر، هي مهمّة أيضاً، وجسيمة من حيث إنّه لا يمكن عكسها. إنّها تطرح مشاكل سياسية تماماً أشرنا إليها بالنسبة للصعيد الدولي، ولكنّها موجودة على الصعيد المحلّي. بعض التقنيات واستعمال بعض المواد الأوّلية تفرض تمركزاً معيّناً لقسم من النشاط الاقتصادي. عندئذ قد يظهر ما كان الإنكليز قد سمّوه بالمناطق المتخلّفة. وهذا الأمر لا يطال فقط النشاطات الصناعية: فتطوّر التقنيات الزراعية أثّر تأثيراً كبيراً بنفس الطريقة في جغرافية الإنتاج، كما كان قد أوضح تماماً ريكاردو Ricardo، وهذا يعني أن الظاهرة ليست حديثة فمنذ نهاية القرن السابع عشر وخاصّة منذ القرن الثامن عشر نلاحظ الأمر بوضوح لا سيّما في البلدان الأكثر تقدّماً من الناحية الاقتصادية.

تجاه هذه الظاهرة يمكن اتخاذ موقفين والنظر في سياستين. في الواقع يمكن اعتبار هذا التطوّر محتّماً وأنّه لا جدوى من السير عكس التيار. عندئذ نصل مثلاً إلى خطّة فرنسا للعام 2000 التي وضعتها إحدى الإدارات الفرنسية ولكن دون أن تجعل من هذا العمل نظامها السياسي. وإذا كان هذا التطوّر قديماً فإنّه يتسارع بصورة ملفتة. لا يبدو أنّه يوجد بلد واحد، والبلدان المعنية هي البلدان الغنية المتطوّرة بشكل عام منذ وقت بعيد، لا يشكو من تجمّع جميع النشاطات هذا في بعض المناطق المفضّلة.

الوسائل التي قد تتوفّر من أجل إعادة تقويم الوضع تؤثّر حتماً على السياسات المعتمدة. هناك حتماً وسائل تقنية، أو بعبارة أفضل سمح ظهور بعض التقنيات بعدم التجمّع: هكذا مثلاً وبشكل خاص وسائل النقل والمواصلات، من سكّة الحديد في القرن التاسع عشر، إلى الكهرباء، إلى أنابيب النفط والغاز. كما أنّ وحدات إثراء الركازات المعدنية تسمح بنقلها على مسافات بعيدة، والشيء نفسه بالنسبة لتسييل الغازات الطبيعية. ولكن أيضاً، عندما تسمح الوسائل التقنية بذلك، قد يتمّ اتّخاذ بعض الإجراءات للحيال دون التجمّعات الفائضة. في هذا المجال تصطدم هذه الجهود بترابط النشاطات في ما بينها، بضرورة التوزيعات السريعة، وبالتجمعات القديمة الّتي تبدو اليوم نهائية. ونلمس هذا الأمر بشكل خاص في البلدان حيث التجمّع، الذي كان ذا طبيعة سياسية في البداية، هو شيء قديم. كما أن كلفة إجراء لا مركزية بصورة سريعة هي كلفة باهظة بشكل يحول دون إمكانية تحقيقه: في هذا الوضع نجد فرنسا، إلى حدّ ما، وانكلترا. أمّا البلدان اللامركزية، مثل ألمانيا، إيطاليا وحتّى الولايات المتّحدة فهي في وضع أفضل بكثير بهذا الصدد: إنّ الجامعات الكبيرة، أكبر الجامعات الأمريكية لا توجد لا في العاصمة الفدرالية، ولا حتّى في أكبر مدن البلد.

إنّ سياسة ما يُسمّى اليوم «بتجهيز البلد وتدبيره» هي ضرورية بالطبع ومهمة: إلاّ أنها لن تكون أبداً مطلقة القدرة لأنّه يفوتها بعض الحالات. ومن الصعب القول ما إذا كانت المبادارت المتّخذة مبادرات تنزع نحو الاستقرار، لأنّ ألعودة إلى الوراء هي دوماً الأصعب، أو قد تكون فقط عبارة عن عملية تأخير. وحده المستقبل بإمكانه أن يحكم ولكن ينبغي أن نشير إلى أهمّية المسألة. ولا شكّ في أنّه ما يزال ينقصنا جزء من طرق التحليل الضرورية.

سياسات التعاون التقني

إذا كان تنظيم التطوّر التقني يبدو صعباً على المستوى المحلّي، ندرك بسهولة أنّ وضع السياسة التقنية هو أصعب أيضاً على المستوى الدولي. المشكلة في الحقيقة هي مشكلة حديثة. لم يعد اليوم بالإمكان استخدام الوسائل التي استعملها في ما مضى كولبير Colbert أو بطرس الأكبر Pierre le Grand من أجل تزويد بلادهما بالتقنيات الأكثر تقدّماً آنذاك. فتعقّد التقنيات، وتكاليف الأبحاث، وأهمّية الفوارق التقنية كلّها عبارة عن عوائق تقف أمام إدخال التقنيات الحديثة على نطاق واسع في أنحاء العالم.

حلاّن فقط كانا ممكنين، يقوم أوّلهما على اتّحاد بين البلدان ذات المقدّرات المحدودة نسبياً كي تصل، في مجال البحث التقني، إلى مستوى قوّة الأمم الكبيرة. هذا في الواقع كان وضع أوروبا الغربية. أمّا الحلّ الثاني فهو انتقال التكنولوجيا الذي يطرح

مشاكل مختلفة بصورة ملحوظة تبعاً لاتّجاهه نحو بلدان صناعية أو بلدان في طور النموّ، حيث تتمتّع الأولى في الواقع ببنيات استقبال لهذه التقنيات الجديدة أكثر إتقاناً بدرجات.

منذ تشكيل السوق المشتركة أصبح بالإمكان الاعتقاد بأنّ توحيد الجهود يؤدّي إلى الأبحاث التقنية، فمن أجل الحصول على الوسائل البشرية والمالية الضرورية أفضل حلّ بالنسبة لبلدان أوروبا الغربية كان في الاجتماع. وفرضت المسألة التقنية حلولاً سياسية، على الأقلّ هذا ما يعتقده البعض. إنّ أوراتوم Euratom، وهو أوّل مشروع كبير للتجمّع الأوروبي، نجده، كما كتب أحدهم، «عند نقطة التقاء ثورتين كبيرتين في هذا النصف الثاني من القرن العشرين: الثورة العلمية التي تؤدّي إلى الصناعة النووية، والثورة السياسية التي نجم عنها إنشاء البلدان الأوروبية المتّحدة». إلاّ أنّنا نعجب لعدم اهتمام أيّ من المعاهدات المتتالية التي كوّنت التجمّع الأوروبي بمعالجة مسألة البحث التقني.

في الواقع أدّت الأحداث، الأوضاع والسياسات بأوراتوم شيئاً فشيئاً نحو نهايته، بعد انطلاقة مشجّعة. فالنقص الثقيل والمتزايد في الطاقة أجبر أوروبا على المضي أسرع نحو مفاعلات عالية المردود، ولكن كلّ بلد كان لديه تقنياته الخاصّة. تعلّق الانكليز بطرقهم بينما فضّل الفرنسيون الأساليب الفرنسية قبل أن يلتحقوا بالتقنيات الأمريكية. ويوم كان يجب النظر بشأن مصنع لإثراء اليورانيوم لم تعد الاختلافات سياسية أو اقتصادية، بل تقنية: الانكليز، الهولنديون والألمان من جهة (طريقة النبذ)، الفرنسيون، البلجيكيون، الطليان، ولكن أيضاً السويديون والإسبان من جهة أخرى (طريقة النشر الغازي). إنّ الاختيار التقني يدفع الآمال السياسية.

وعندما كان الأمر يتعلّق بالنظر في المسائل على مستوى عام كانت الاختلافات تظهر أوسع أيضاً. سنة 1966، أعربت الحكومة الإيطالية عن قلقها العميق حيال الفرق الذي كان كفيلاً بوضع أوروبا بوضع تبعية علمية، تقنية واقتصادية تجاه الولايات المتّحدة. إذن قدّم الإيطاليون لمختلف المنابر الأوروبية مشروعاً مبدئياً، وكانت انطلاقته اتفاقية علمية وتقنية، خطّة عقدية حقيقية تسمح لأوروبا أن تستدرك تأخّرها. في هذه الخطّة تمّ تحديد القطاعات التي لها الأفضلية (الحاسبات الإلكترونية، الفضاء، الأقمار الصناعية، الملاحة الجوّية، الصناعة النووية، إزالة الملح من الماء)، كما ضمّت إليها طريقة مرنة في التعاون الدولي مرفقة بنشر واسع للمعلومات والمعارف. وكان كلّ شيء متكاملاً في إطار إداري ومالي أوروبي، يسهّل حركية العلماء والتقنيين. في الواقع ما أدّى إلى إخفاق المشروع هو تعلّقه بتنظيم سياسي ـ عسكري هو حلف شمالي الأطلسي.

بدورهم اقترح الانكليز، في نفس العام 1966، مجمّعاً تقنياً أوروبياً يهدف إلى جمع

القوّة العلمية والتقنية لدى الدول الأوروبية، إلى وضع وإلى تنفيذ سياسة مشتركة في هذا الميدان. ومن جديد تُرك هذا المشروع، بشكل خاص أمام المعارضة الفرنسية. فعاد البريطانيون أنفسهم واقترحوا، بشكل متواضع أكثر، سنة 1967 فكرة إنشاء معهد تكنولوجي أوروبي، أيضاً بدون نتيجة. نفس الشيء كان بالنسبة لاقتراح مشابه من قبل دول البينيلوكس Benelux (بلجيكا، هولندا واللوكسمبورغ)، سنة 1968.

وكانت المواقف مختلفة بوضوح. لقد خشي البعض، لا سيّما الحكومة الفرنسية، من أن يؤدّي الاندماج التقني والعلمي، أكثر من الاندماج الاقتصادي، عاجلاً أم آجلاً، إلى تضاؤل في الاستقلالية الوطنية، وهذا من حيث إنّ التطوّر التقني يتدخّل في القدرة العسكرية للبلد كما في النموّ الاقتصادي. ويتطابق هذا مع روح معيّنة للسيطرة نراها في المجال الفضائي، في المجال النووي، وفي الحاسبات. إذا كانت هذه السياسة تبرّر جزئياً بوجود عدّة خطوط ممكنة للتطوير التقني في عدد كبير من القطاعات فهناك، بشكل ملازم، فكرة تقول باتقاء التقنية، التي تدير كلّ شيء تقريباً، خارج الاندماج الأوروبي.

مع هذا تقرّر في القمّة الأوروبية سنة 1972 أن يحضّر البرلمان الأوروبي خطّة للتطوير العلمي والتقني. هذه الخطّة قُدّمت لمجلس وزراء التجمّع في كانون الثاني 1974، وكان ينبغي إنشاء لجنة للبحث العلمي والتقني تكلّف بفحص البرامج والميزانيات الوطنية، والقدرة المتوفّرة من أجل البحث، وأهداف الدول الأعضاء، وبتقويم الأهداف المشتركة. كما يتعيّن على هذه اللجنة أن تصوغ الآراء وتقدّمها لمجلس الوزراء وللبرلمان كي يتسنّى لهما التنسيق بين السياسات العلمية. من جهة أخرى، كان يُنظر بشأن إقامة مؤسّسة أوروبية للعلم من أجل تشجيع البحث النظري، وبالطبع كانت اللجنة تستبعد الأبحاث التي تكتنفها السرّية العسكرية أو الصناعية.

بهذه الطريقة تحوّلنا إلى نوع من «أوروبا على الخريطة» كما كان يقول لويس أرمان Louis Armand، حيث إنّ كلّ مشروع يجمع فرقاء مختلفين. هذا ما كان بالنسبة لمشروع مصنع إثراء اليورانيوم، وكذلك بالنسبة للمركز الأوروبي للبحث النووي. بُعيد الحرب، أراد علماء الفيزياء الأوروبيون أن يعوّضوا عن تأخرهم ويردموه. لقد كان يلزم الكثير من الوسائل والمقدّرات، لذا ظهرت الرغبة بتعاون دولي لا سيّما أنّها كانت تترافق مع رغبة أخرى في التوحيد الأوروبي. وتمّ الالتقاء حول التقنيات النووية، كما يشير أحد مؤسّسي المركز الأوروبي للبحث النووي، ل. كوارسكي L. Kowarski:

كان يجب الحدّ من مجال العمل المشترك بصورة لا تسمح بالانتهاك المباشر لسرّ الانشطار (الأسباب ذات أهمّية عسكرية)، ولكن مع البقاء قريباً منه ما يكفي كي ينعكس كل نجاح ناجم عن المجهود الدولي في الميدان المسموح إيجابياً.

لقد ظهرت فيزياء الميزونات أو الطاقات العالية كقطاع بحث مناسب ومقبول تماماً. إلاّ أنّ القضية رفعت أكثر على مستوى الأفراد منه على مستوى الدول. سنة 1952 أنشأت إحدى عشرة دولة أوروبية المركز الأوروبي للبحث النووي ووضعته بالقرب من جنيف، نوعاً ما في مكان محايد. منذ سنة 1959 كانت الدول الأوروبية تحوز بفضل هذا الجهاز قبل الولايات المتّحدة، على مسرّع للجزئيات. إلاّ أنّ هذا المركز لم يستطع الإفلات من الأزمة التي حصلت سنة 1967 لأسباب مالية ووطنية في وقت واحد.

مع هذا نجح مركز البحث النووي باجتياز بعض مصاعبه باقتصاره على ميادين محدّدة جدّاً من هذا النوع من البحث.

نفس الشيء كان بالنسبة للفضاء، منذ أن قامت ثلاثمائة شركة صناعية بإنشاء أوروسباس Eurospace، حتّى الاتّفاق الدولي سنة 1961، الذي سمح بوضع إلدو ELDO سنة 1962 من أجل صناعة أجهزة إطلاق الصواريخ. أمّا إسرو ESRO الذي تشكل أيضاً سنة 1962 فقد أخذ على عاتقه الأقمار الصناعية. هذا التنظيم كان أوروبياً، غير مرتبط بالتجمّع لأنّ إسبانيا، السويد، سويسرا والنمسا كانت تنتمي إليه. بالنسبة لإلدو فقد وقع فريسة أزمات حادّة وكثيرة، وهكذا وصف في بداية سنة 1974، أي سنة بعد نهايته: «تنظيم صناعي معدوم، قائم على وطنية ضيّقة وخاصّة رفض للإدارة أو حتّى للمراقبة من قبل التجمّع، تجاوزات للاعتمادات المنتظمة والضرورية، إخفاقات تقنية متكرّرة انتهت بانفجار مريع لصاروخ أوروبا ـ 2 أثناء طيرانه سنة 1971».

أمّا إسرو وهو منظّم بشكل أفضل وموجّه بشكل أفضل أيضاً، فقد حصل على نتائج لا يستهان بها. كذلك فإنّه أتاح للبلدان التي لم يكن لديها برامج فضائية أن تبلغ مستوى تكنولوجياً في ميدان تجهيزات الفضاء.

القرارات تتّخذ فيه بنظام الغالبية العادية أو بنظام الثلثين، كما تتوزّع فيه العقود الصناعية حسب قاعدة «المردود المنصف» التي تؤمن لكل من الأعضاء دخلاً من العقود يتناسب مع حجم مشاركته. كذلك أقيم مركز للمراقبة التقنية في هولندا. من سنة 1964 إلى سنة 1972، لم يصنع إسرو ESRO سوى أقمار صناعية علمية: وقد أنجز ستّة أقمار. التنوّع الذي كان يُخشى منه في البداية قُبل تحت الضغط الفرنسي والجهاز المدير، هكذا تحوّلنا نحو الأقمار الصناعية التطبيقية: عند نهاية سنة 1976 أطلق قمر للأرصاد الجوّية، وفي نهاية السنة اللاحقة أطلق قمر تجريبي للاتّصالات والإعلام.

مذ ذاك عاد الاعتقاد بالفائدة من صنع الصواريخ، وقد دفعت لهذا الأمر كلّ من فرنسا وألمانيا الاتحادية لأسباب تختلف بعض الشيء. في تمّوز 1973، حصلت فرنسا على

موافقة شركائها للاشتراك بتحقيق الصاروخ أريان Ariane. إذن تمّ تحويل إسرو إلى وكالة فضائية أوروبية، أنشئت رسمياً في نيسان 1974، رغم بعض الصعوبات المتعلّقة بجهاز العمل. وضمّت هذه الشركة عشرة بلدان: بلجيكا، الدنمارك، إسبانيا، فرنسا، إيطاليا، هولندا، جمهورية ألمانيا الاتحادية، المملكة المتحدة، السويد وسويسرا. وسرعان ما وجدت نفسها بمعرض برنامج ضخم، ولكن تقرّرت عقلنة الصناعات، لتجنّب الاستثمارات غير المفيدة، وكذلك ضرورة التعاون لأنّ كلّ عضو عليه أن يعلم الوكالة بمشاريعه، وأن يكيّفها إن دعت الحاجة لذلك.

إنّ الصعوبة في إقامة تنظيمات كهذه دفعت معظم الأحيان الدول إلى تحقيق التعاونات الثنائية: تعاون فرنسي ـ إنكليزي من أجل الكونكورد، ألماني ـ فرنسي من أجل طائرات إيربوس Airbus. كذلك لم تخل هذه التعاونات من الشوائب.

في العديد من الحالات أدّت القرارات السياسية إلى إخفاق التعاون التقني الذي كان يبقى حبراً على ورق. وقد لمسنا هذا الأمر في مجال الحاسبات الإلكترونية؛ كلّ دولة تقريباً توصّلت إلى إنشاء شركتها العالمية الخاصّة، متوقّعة أن يأتي الآخرون وينضمّوا إليها: انترناشونال كومبيوترز ليمتد (I.C.L) في إنكلترا، الشركة الدولية للمعلوماتية (C.I.I) في فرنسا. وفي كلّ حالة تملك الدولة حصّة كبيرة من رأس المال، كما تموّل الدراسات وتحدّد طرق البحث. وقد جرت محاولة أوروبية؛ أونيداتا Unidata، التي أسّستها الشركات: الفرنسية C.I.I، النيرلندية فيليبس Philips والألمانية سيمنز Siemens. إلاّ أنّها انفصلت في أيّار 1975 وانتقلت C.I.I لتلتحق بالشركة الأمريكية هانيويل Honeywell. لدينا نوع من الشعور بأنّ الجميع يريد أن يتعاون مع الآخرين شرط أن يختلف هؤلاء الآخرون من قطاع لآخر. إنّنا نرى نوعاً من ضمانة للحرّية والاستقلالية ضمن هذه الشبكة المعقّدة.

هناك مشكلة أخرى، مقلقة أكثر. إنّها الفرق ليس بين البلدان الغنية والبلدان الغنية جدّاً، بل بين هذه البلدان والعالم الثالث المتخلّف. إنّ ما يسمّى «بانتقال التكنولوجيا» دُرس على نطاق واسع، لكنّه ما زال بحاجة إلى العديد من الدراسات المكمّلة. على أيّ حال هو يفترض تطابق السياستين، سياسة البلاد المزوّدة وسياسة البلاد المستقبلة.

يقول أحد الأجهزة الدولية أنّ البلدان النامية أنفقت خلال السنوات المالية التي انتهت بالعام 1973 ما يقارب 1500 مليون دولار في السنة الواحدة من أجل الحصول على براءات وإجازات، والخدمات التقنية التي تسمح باستثمارها. وقد ارتفعت هذه النفقات أكثر أيضاً في ما بعد. كذلك فإن العقود تفرض غالباً الكثير من الملزمات، مثل مشتريات المنتوجات، قيود على التصدير، أحكام مقيّدة للتنافس الداخلي. لم يتردّد المجلس الدولي

(C.N.U.C.E.D.) في التصريح بأنّ البلدان النامية «تخضع لنوع من الاستعمارية يبقيها في حالة تبعية شبه كلّية للبلدان المتطوّرة» وأنّها، من الناحية السياسية، تبقى «غير قادرة على توجيه وإدارة عملية إنتاجها الخاصّة».

بالطبع في بعض من البلدان الغنية، يتعلّق نقل التكنولوجيا، باستثناء بعض أنواع الحصر الخاصّة لا سيّما ذات الطبيعة العسكرية، بالمؤسّسات التي تملك التقنيات المطلوبة. المشكلة بالنسبة لها هي مشكلة تجارية. من الواضح أنّ بيع الرخصة يلغي قسماً قد يكون كبيراً من مجالات التصريف، والقسط هو تعويض عن هذا النقص في الربح، ولكنّه جزئي. لهذا غالباً ما تجري المحاولة لإتباعه بأرباح إضافية: بيع المعونة الفنّية، بيع المواد المتمّمة. وكذلك تجري المحاولة للحدّ من آثاره: منع التصديرات، الحدّ من المنافسة الداخلية. في النظام الاقتصادي الحرّ، يصعب على الدولة أن تعدّل وضعاً كهذا.

حتّى أنّنا شهدنا، في الولايات المتّحدة، كفاح النقابات العمالية ضدّ انتقال التكنولوجيا لأنّه برأيهم يؤدّي، عند أجل معيّن، إلى التقليص من فرص الاستخدام بحكم انخفاض المبيعات الذي يلي إطلاق المنتوج في بلدان أخرى. منذ القرن التاسع عشر كنا نقع في هذه المشكلة ذات الحدّين: بيع المنتوجات أو بيع المصانع. حتّى أنّنا ذهبنا أبعد من ذلك، وتصريحات مسؤول عن السياسة التقنية في أحد البلدان هي ذات مغزى بهذا الشأن. «ليس في صالح البلدان المتقدّمة أن تدعم البحث ـ التنمية في البلدان الأقلّ صناعية، لأنّ ذلك يؤدّي إلى تناقص في الأقساط وفي الإيرادات التي تحصّلها لقاء تقديمها المعلومات التقنية». حتّى أنّه كان يحقّ الاعتقاد بأنّ «المجتمعات الأجنبية أوجدت شروط شبه ـ احتكار تمنع تطوير البحث ـ التنمية في الميادين التي تتحكم بها».

إلاّ أنّ هذه ليست سياسة جميع البلدان التي تقدّم التقنيات. هناك حالات أخرى، أنواع أخرى من التدخّل، تبقى على قدر من الاهتمام. هذا ما نسمّيه، بشكل عام، التعاون التقني الذي يلعب دوره في الميادين التي لا تحتاج إلى براءات: التعليم التقني، الأسيسات الاقتصادية (الأشغال العامّة بالمعنى الأوسع للكلمة)، الزراعة، الطبّ، الخ. هنا أيضاً التوجيهات المعطاة، التمويلات المقدّمة تتعلّق معظم الأحيان بالمعدّات التي يبيعها البلد المشرف، ومن هنا اسم «المعونة المرتبطة» الذي يطلق على هذا التعاون. الإسهام، النقل التكنولوجي يؤدّي بالضرورة إلى عمليات تجارية على مقياس متغيّر. ونعرف أنّنا في هذا المجال نحن بصدد شكل آخر من الاستعمار؛ إنشاء الطرقات يعني شراء الشاحنات وأيضاً، خلال فترة قد تطول أحياناً، القطع المنفصلة. لقد رأى الكثيرون في التعاون التقني شكلاً من أشكال السياسة التجارية.

من ناحية البلاد المستقبلة أو المتلقّية، المشاكل عديدة وتقود دوماً إلى اختيارات سياسية. نحن اليوم إزاء وضع يختلف تماماً عمّا كان عليه في النصف الثاني من القرن الخامس عشر: لقد وصل الفارق التقني إلى درجة بلغت معها الاحتياجات المالية مستويات تتطلّب حتماً حلولاً مختلفة. خلال القرن التاسع عشر، كان يوجد بنيات استقبال جنينية كان بالإمكان تنميتها دون صعوبات تعجيزية، وكانت هذه البنيات، في معظم الأحيان، من النوع الرأسمالي. اليوم تنطرح فعلاً مسألة معرفة ما إذا كانت بنيات الاستقبال هذه من النوع الرأسمالي أو من النوع الاشتراكي. كلّ يوم تقريباً تطالعنا الصحف بمعلومات حول هذا الموضوع: يمكننا أن نلاحظ من جهة أخرى من خلالها أنّ الأمر قد يتعلّق أيضاً بمسألة التوافقية مع البنيات التقليدية، أغلب الوقت من النوع الاجتماعي، إذن المؤسساتي، أو بمسألة التعديل الممكن في هذه البنيات التقليدية. لقد لاحظنا أنّ ضريبة التصنيع، بمعنى المعاناة البشرية، قد كانت معظم الأحيان أكبر ممّا اعتُقد، في إنكلترا بداية القرن التاسع عشر كما في البلدان المستعمرة منذ القديم. كلّ شيء يرتبط بالتصنيع، من قانون ووضع العامل، وهو نموذج اجتماعي قد لا يكون موجوداً في بعض المجتمعات، حتّى وضع المرأة، وهو أصعب للتعديل من حيث إنّه يمثّل وضعاً تبعياً.

كان القرن الثامن عشر قد شهد، في فرنسا كما في إسبانيا، تحفّظات عنيفة اتجاه إدخال دولاب المغزل. الشيء نفسه بالنسبة لإقامة مضخّة في قرية فلاحين، كما سبق أن أشرنا في فصل «التطوّر التقني والمجتمع». إنّ العبور إلى اقتصاد يقوم على المال، وإدخال معدّات جديدة، حتّى في التقنيات المنتشرة كالزراعة، يطرحان مسائل تتّسم كلّيا بطبيعة سياسية.

أمّا الأبحاث ذات الطبيعة التاريخية فلا تقدّم الحلول لكنّها تساعد على إدراك أفضل للمشاكل وانعكاساتها العامّة. في ما مضى وحتّى اليوم جرى اعتماد الحماية الجمركية كصيغة تشجيع لانتقال التكنولوجيا. وضعت أوروبا هذا النظام خلال السنوات 1820-1825 من أجل تسهيل تبنّي التقنيات الإنكليزية. واعتمدته إيطاليا بعد سنة 1880، مثل روسيا. هذا لأنّه كان على التصنيع أن يمرّ حتماً ببعض الانقلابات التكنولوجية، وكانت النتيجة الرئيسية أنّ البلدان المتقدّمة لم تعد تستورد المنتوجات، بل المصانع، والتقنيات الجديدة. من جهة أخرى بقي حلّ مسألة الكوادر واليد العاملة التي تملك المعلومات الضرورية. إنّ تصدير الكوادر كان دوماً مرافقاً لتصدير التقنيات: بين السنتين 1815 و 1848، كانت الدول الأوروبية تستورد أيضاً عمّالاً إنكليزيين، بانتظار استعداد المواطنين الأصليين. انطلاقاً من سنة 1868 قامت اليابان بنفس المجهود.

اليوم لم تعد الظروف كما كانت عليه إلاّ أنّ حجم المشكلة هو على نفس المستوى. على الصعيد التقني البحت لا يوجد فقط التقنية التي يتعيّن استيرادها، بل محيط بكامله أصبح أكثر فأكثر تعقّداً. في الواقع ليس الأمر عبارة عن استيراد تقنية معيّنة وحسب، بل يجب أيضاً أن نكون قادرين على استخدامها، أي أن نملك العناصر البشرية الكفوءة. كذلك يتعيّن أن تكون الظروف الطبيعية مؤاتية، أن تزول القيود والعوائق الجغرافية، أن تتمكّن هذه التقنية من الانخراط ضمن مجموعة تقنية متماسكة، أن تكون الاستثمارات ممكنة، وأن يكون بالإمكان فتح سوق للمنتوجات.

ردّة الفعل الأولى تقع تجاه مقدّم التقنية، أو بالأحرى تجاه بائعها، فعلى الفور، كما ذكرنا، تنطرح مسألة السيطرة ورفض السيطرة. هناك العديد من المواقف؛ الأوّل هو رفض الممارسات المعتبرة عالمة أكثر من اللزوم وغير متكيّفة مع الإمكانيات أو مع الاحتياجات المحلّية. ونجد على هذا أمثلة قديمة: لقد رفضت مملكة الصقلّيتين طويلاً سكك الحديد معتبرة فيها أداة للاضطرابات الاجتماعية. سياسة الثورة الصينية بعد سنة 1959 كان يحرّكها في آن واحد التخوّف من تبعية قوية جدّاً تجاه الخارج والاهتمام بالبحث عن خطط تكنولوجية قصيرة ومميّزة نحو حلّ بعض المشاكل الخاصّة. وهي قد قامت على أساس مهارة موجودة مسبقاً، على الأقلّ في بعض الميادين، فتوصّلت إلى الاستفادة من مساعدة التقنيين السوفيات والاحتفاظ بتقليد قديم في المهارة العملية والحرفية. وقد كان ماوتسي تونغ واضحاً جدّاً بهذا الصدد:

هناك طريقتان للتعلّم: الأولى، عقدية جازمة، وتقوم على استعارة كلّ شيء، سواء كان مناسباً لشروط البلد أم لم يكن. ليست هذه الطريقة الصحيحة. الأخرى تقوم على تشغيل أدمغتنا وتعلّم ما يتلاءم مع ظروف البلد، أي على استيعاب التجربة التي قد تفيدنا. إذا درسنا ما هو إيجابي بالنسبة لدول الخارج، فهذا ليس من أجل نسخه، بل من أجل الابتكار والاعتماد على قوانا الذاتية.

بالطبع هذا الموقف ليس كاملاً، فمن الواضح أنّ بعض التقنيات تستدعي شروطاً ضرورية من أجل استعمالها. عندئذ لا يمكن تكييف ما يأتي من الخارج مع الظروف المحلّية، بل يُستحسن تعديل هذه الأخيرة لجعلها قادرة على استقبال تقنية جديدة. بعبارة أخرى، هناك تقنيات ملزمة. والتقنيات المتقدّمة أصبحت أكثر فأكثر ملزمة. من جهة أخرى، في أكثر من ميدان تقني، لم تؤدّ الثورة الثقافية الصينية سوى إلى الإخفاق.

لقد حاولت البلدان المستقبلة أن تدافع عن نفسها ضد هذه السيطرة التقنية، الأخطر دون شك لأنّها غير ظاهرة. يعطينا المكسيك مثلاً جيّداً عن الدفاع الذاتي، فقد وضع فيه قانون من أجل تنظيم نقل التكنولوجيا، ففتح سجلّ وطني لنقل التكنولوجيا تسجّل فيه جميع

العقود المتعلّقة بهذا النقل؛ ويرفض التسجيل إذا كان السعر المطلوب لا يتناسب مع التقنية المكتسبة، إذا كانت عملية النقل تستلزم تدخّلاً مباشراً أو غير مباشر في نهج الشاري الإداري، إذا فرضت بعض القيود على البحث أو على التحسينات التقنية أو إذا كان يلزم على الشاري أن لا يتزوّد بالعتاد الذي يحتاجه إلاّ من مصدر محدّد. إلاّ أنّ حالة المكسيك، حيث نجد التشريع كاملاً بهذا الصدد، هي حالة فريدة ومعزولة نسبياً.

عند منتصف العام 1973 اختارت البرازيل طريقاً غير بعيدة، حيث صرّح وزير التصميم بأنّ «أفضل وسيلة لترك بلد معيّن في طور التخلّف هي أن توضع بمتناوله تكنولوجيا جاهزة تماماً». إذن فتحت الاعتمادات الكبيرة من أجل الخروج من هذا الوضع. بعد ذلك أرادت البرازيل أن تستعمل بطريقة أكثر عقلانية مواردها البشرية والطبيعية. أرادت أن تقدّم لمؤسّساتها وسائل اختيار التقنيات الأجنبية، بمعرفة الوقائع، وتكييفها مع ظروف السوق البرازيلي. لم يعد الأمر عبارة عن استيراد الأدمغة ودفع الشركات متعدّدة الجنسيات إلى إقامة مختبرات للبحث في البرازيل بل عبارة عن إعطاء المؤسّسات البرازيلية «المساحة التقنية» الكافية لاستيعاب عمليات الصناعة الأجنبية بصورة جيّدة والوصول إلى مستوى وضع تقنيات خاصّة. وانصبّ الاهتمام على تنمية التقنيات الجديدة، النووية، الفضائية، الأوقيانوغرافية، وكذلك التقنيات التي تتناول قدراً كبيراً من التكنولوجيا مثل الإلكترونيك، الصيدلة، الملاحة الجوية. أخيراً، تلقّى البحث النظري دفعاً حاسماً حيث خصّص له خمس موارد التصميم.

وكما يستدعي الأمر حاولت المحاكم الدولية أن تحدّد شروط النقل التكنولوجي. لقد بدا في الواقع أنّ هذه الانتقالات، المعدّة في الواقع لسدّ النقص الأساسي، تكون مفيدة إلى حدّ معيّن، وسيّئة وحتّى خطرة بعد هذا الحدّ. في تقرير حول «تجديد وبنية الاقتصاد الكندي»، ذكر السكرتير المساعد لوزير الدولة الكندي لشؤون العلوم أنّه «بعكس ما قد يُعتقد، إنّ عادة استيراد التقنيات المتطوّرة التي تدرج عليها فروع الشركات متعدّدة الجنسيات قد تضعف الأسيسة التكنولوجية في بلد معيّن بدلاً من أن تقوّيها». كذلك توصّلنا إلى ضرورة اتخاذ قرار من جانب الدولة وهذا يتطلّب وجود أجهزة مناسبة. هكذا دعت إحدى اللجان الدولية «البلدان النامية إلى ضرورة أن تأخذ بعين الاعتبار إنشاء المؤسّسات الحكومية الوطنية (...) بغية الاهتمام بنقل التقنيات على أساس متكامل».

نعود ونلتقي هنا بالخطوات التي تقوم بها الأوطان، أو على الأقلّ قسم كبير منها. من أجل حلّ مشكلة معيّنة تقام أوّلاً المؤسسات، وفقاً لتحليلات تكون معظم الأحيان عرضة للنقاش. تعطينا فرنسا مثلاً كاملاً؛ ما أن تظهر صعوبة ما حتّى يُعيّن موفد رسمي عام يغطّي

عدداً معيّناً من الدوائر على مستوى أفقي بينما يتمّ وضع الإدارة بصورة عامودية. هكذا عرفنا موفداً عامّاً للبحث العلمي والتقني، ملتحقاً بالمركز الوطني للبحث العلمي، وبكل أجهزة البحث في مختلف الوزارات. كذلك رأينا موفداً أو مندوباً يهتمّ بأمن الطرقات، وموفداً عامّاً للطاقة، ونشير أخيراً إلى الموفد العام للمعلوماتية؛ ويلعب الأوّل والأخير أدواراً تقنية مهمّة. في الواقع كانت هذه الإجراءات تجيب تماماً عن منطق تلاقي القرارات. وسرعان ما برزت إرادة رفع هذه السياسة إلى المستوى الدولي، لذا أنشئت المؤسّسات التي تمرّ عبرها الأفكار الجديدة في المجال التقني. وهكذا أقام مؤتمر الأمم المتّحدة حول التجارة والتنمية مجموعة بين الحكومات تهتمّ بموضوع نقل التقنيات. هذا من أجل تشجيع التعاون الذي يتيح للبلدان النامية أن تحصل على مصادر المعلومات التقنية التي قد تحتاج إليها. عندئذ من الممكن تنظيم التبادلات بين المؤسّسات الوطنية المختلفة. نذكر مثلاً في فرنسا الوكالة الوطنية لإبراز قيمة الأبحاث، التي تعمل داخل الحدود كما خارجها، وفي المكسيك المجلس الوطني للعلم والتكنولوجيا، الذي وضع شبكة من المعلومات الصناعية من أجل سدّ النقص في المعلومات التقنية الجديدة في الاقتصاد المكسيكي ومن أجل كشف التجديدات الوطنية أو الأجنبية التي تلبي احتياجات من هذا النوع.

على كلّ سياسة متماسكة لنقل التقنيات أن تأخذ بعين الاعتبار عدداً كبيراً من العوامل لا يتّسم قسم كبير منها بطابع تقني: التمويل، التعليم التقني ومستوى الثقافة العام، بنيات الاستقبال المؤسّسية والاقتصادية، تطوّر الأنظمة الاجتماعية، تصحيح الإنحرافات المحتملة، الخ. إنّ إدخال تقنية ما لا يتمّ بشكل تجريدي وعشوائي: يتعيّن تهيئة الجوّ الملائم لاستيعابها والقبول بها.

على مدى المؤتمرات المختلفة، لا تتوقّف المعارضات وعدم الفهم عن الظهور. يصعب على البلدان الغنية أن تعطي قدرتها التقنية، أمّا البلدان النامية فتريد كلّ شيء، وعلى الفور، كما أعلنت المجموعة المسمّاة بمجموعة الـ 77 (في الحقيقة هي أكثر من ذلك) في الأشهر الأولى من سنة 1975، مطالبة أن تتوقّف الأبحاث حول البدائل القادرة على الحلول مكان المواد الأوّلية التي تنتجها بلدان العالم الثالث. كما يُرجى وضع بعض التسويات: وهي يجب أن تكون نتيجة دراسات طويلة وأبحاث متأنّية، لا سيّما حول آثار انتقالات التكنولوجيا هذه.

مشكلة أيديولوجية

إذن يبدو كلّ شيء صعباً بالنسبة لمعظم الأمم، وشبه مستحيل بالنسبة للكثير منها. وتنعدم الحلول بحكم عدم دراسة المسألة بصورة منهجية. إنّنا نصطدم في الواقع بمسألة

قلّما جرت معالجتها، عمداً دون شك. حول هذه المسألة سننهي حديثنا.

إنّ إدارة التقنية الحالية، وهذا في جميع المجالات، وتحديد سياسة معيّنة وبالتالي الاختيارات التي تفترضها، يستدعيان حتماً كمّية واسعة من المعارف. لم يعد اليوم بالإمكان معرفة القليل من كلّ شيء، بل تجدر معرفة الكثير في ميادين محدودة. ويؤدّي بنا الأمر إلى وضع متناقض: السياسة تجهل كلّ شيء تقريباً عن التقنية ويجد التقني نفسه معزولاً في قطاعه. عندئذ يصعب إتخاذ القرار في عالم أصبح في آن واحد منهجياً جدّاً ومقطّعاً بإحكام. كان لويد جورج Lloyd George يحدّد النظام البرلماني كمجموعة من الخبراء يقودها هواة. ويرى أ. سيغفريد A.Siegfried أنّ السياسة أصبحت أكثر فأكثر شأناً تقنياً، واستنتج من هذا وضعاً متناقضاً: قوّة الدولة وهشاشة السلطة.

نذكّر بالموقف الشهير لسان سيمون Saint- Simon:.

لنفترض أنّ فرنسا تفقد فجأة الخمسين الأوائل من علمائها الفيزيائيين، الخمسين الأوائل من علمائها الفيزيولوجيين، الخمسين الأوائل من علمائها الكيميائيين، الخمسين الأوائل من رجالها المصرفيين، الخ.، عندئذ تصبح الأمّة جسداً بلا روح في نفس اللحظة التي تفقدهم بها (...) لنفترض أنّ فرنسا تحتفظ بكلّ عباقرتها في العلوم، في الفنون الجميلة، في المهن والصنائع، ولكن تفقد المونسنيور دوق أنغوليم duc d'Angoulême (...) وتفقد في نفس الوقت كلّ ضباط التاج الكبار، كلّ وزراء الدولة وكلّ مستشاريها، الخ.، إنّ هذا الحادث هو مريع دون شكّ بالنسبة للفرنسيين لأنّ هذه الشخصيات جيّدة. لكن هذا الفقدان لِ 30000 فرد عالي المقام ومهمّ في الدولة لا يؤدّي إلى الحزن إلاّ من الناحية العاطفية، إذ لا ينتج عنه أي ضرر سياسي للدولة.

لقد انتقلنا من مفهوم مثالي للسلطة إلى شيء مغاير تماماً. من سان سيمون إلى برنهام Burnham، مروراً بماركس Marx وأ. كونت، ومؤخراً أيضاً بديلاس Djilas وغالبريث Galbraith، جرى التكهّن بمرور النفوذ السياسي إلى أيدي التقنيين. خلال النصف الأوّل من القرن العشرين، خرج الصراع بين السياسي والتقني من نطاق المفاهيم كي يدخل في واقع الأمور. لم نعد بصدد مجرّد المعارضة، التي صاغها سان سيمون، بين النحلات الماهرات والدبابير السياسية.

لا شكّ بأنّه انطلاقاً من تايلور Taylor في أمريكا، ومن فايول Fayol في فرنسا ظهرت شروط تنظيم عقلاني، مستقلّ بالضرورة عن النفوذ السياسي. لهذه الشروط قام أتباع المنهج العقلاني بالحملات الدعائية يدعمهم الفلاسفة الأمريكيون مثل فبلن Veblen، بيرل Berle ومينز Means، وهوارد سكوت Howard Scott.

بالنسبة لبرنهام كان المرور من النظام الاقطاعي إلى النظام الرأسمالي يتّسم بتركّز

أكمل فأكمل للسلطة في «البرلمان». انطلاقاً من الحرب العالمية الأولى، أفلتت السلطة تدريجياً من البرلمانات، وانزلقت عندئذ نحو ما أسماه برنهام «المجتمع الإداري». وفي المجتمع الإداري تتركّز السلطة في المكاتب الإدارية. ويجري هذا على جميع المقاييس، فداخل المؤسّسات يفلت النفوذ بدوره من برلماناته، مجلس الإدارة وجمعية المساهمين العمومية، كي ينتقل إلى الإدارة التقنية. كان برنهام يعتقد أنّ إحدى الطرق الممكنة لهذه النزعة كانت الدكتاتورية.

في مؤتمر عقد في نيس Nice (1956) حول «السياسة والتقنية»، اقتربت تحاليل رجال القانون، دون أن تكون تأكيدية لهذه الدرجة، من كلّ هذه الأفكار. ونذكر دون ترتيب معيّن: تراجع القانون أمام التنظيم، تطبيق وامتداد المسؤوليات التقنية التقليدية للدولة. الشيء نفسه في مجال المؤسّسات: إنشاء اللجان الاقتصادية، الدور الآخذ في الكبر للمجالس المتخصّصة على مستوى البرلمانات، والمزوّدة بأدوات العمل اللازمة وبالخبراء الضروريين، ظهور الوزارات التقنية، تكاثر الأجهزة الموازنة للدولة (مثلاً الغوسبلان Gosplan في الاتحاد السوفياتي، سيّد جميع القرارات الاقتصادية). في حالات عديدة، فقدت البرلمانات، في عدد كبير من الميادين، تقريباً كلّ سلطة للقرار: التصميم، الذرّة. أمّا معدّل الحسم فتحدّده المصارف المركزية الكبيرة. باختصار هناك ضعف مواز للسلطة العامّة وقوّة متزايدة لدى الخبراء. كان ب. شونوه B. Chenot يرى العملية نفسها تجري في المؤسّسات المؤمّمة. الصعوبات الوحيدة تأتي بالنهاية من المعارضات بين التقنيين.

أحد الآواخر الذين كتبوا في هذه النزعة هو دون شك ج. ك. غالبريث J.K. Galbraith (1967). «إنّ ملزمات التكنولوجيا والتنظيم، وليس صور الأيديولوجيا، هي ما يحدّد شكل المجتمع الاقتصادي». في نفس الوقت تشكّل ما أسماه غالبريث، «البنية التقنية»، أو بشكل أعمق تقنية المجتمع الإداري لدى برنهام، التي اقتربت من مفهوم «نخبة السلطة» التي كتب فيها ش. رايت ميلز C. Wright Mills. بالنسبة له يكمن دماغ المؤسّسة الحقيقي في مجموعة هؤلاء الذين يقدّمون المعلومات المتخصّصة لأصحاب القرار. «لا يوجد اسم لهؤلاء الذين يشاركون باتخاذ قرارات الجماعة، ولا للتنظيم الذي يكوّنونه. اقترح أن نسمّي هذا التنظيم البنية التقنية». هكذا انتقلنا من السلطة التقليدية إلى سلطة رأس المال، ثمّ إلى سلطة التقني، وهذه السلطة الأخيرة تفلت من تأثير العناصر الخارجية. إنّ حلّ سلطة البنية التقنية مكان كلّ السلطات السابقة، من أيّ نوع كانت، الوجهاء، المال، السياسة، أصبح فعلياً أكثر فأكثر. حتّى أنّ التعديل طال طبيعة الفرد، ومفهوم الفرد نفسه. أمّا ريمون آرون Raymond Aron فقد تكلّم عن «البنية التقنية ـ البيروقراطية».

ولقد استأثر الأدب بالموضوع، من «العالم الأفضل» لألدوس هكسلي Aldous Huxley، إلى رواية جورج أورويل G. Orwell المرعبة «1984». لدينا هنا صورة ما قد يصل إليه مجتمع تحصل فيه السلطة على كلّ موارد التقنية.

لقد درس صعود هذه السلطة الجديدة والضاغطة في فرنسا. وقد أشير إلى حكومة جان كوتروه Jean Coutrot الجماعية، وهو مؤسّسي مجموعة X- Crise، سنة 1930، الذي أعطى الجبهة الشعبية الفرنسية بعضاً من أفكاره. لقد مثّلت حكومة فيشي Vichy، من نواح عديدة، تكنوقراطية الدولة، حيث أكثرت من مراكز القرارات الاقتصادية (أسعار، مراقبة اقتصادية، تجهيز). وحتّى حركات المقاومة، لا سيّما O.C.M التي تأثّرت بالنيوديل New Deal وبكينز Keynes، ساهمت بإعطاء الحكومات الأولى بعد التحرير، قوّة نفوذ المدراء، البنيات الوطنية، التخطيط. ربّما تباطأت الحركة عند نهاية الخمسينات، ولكنّها عادت بقوّة بين السنتين 1960 و 1970، مع الميادين المخصّصة والخاضعة فقط للخبراء، وتنافذ السلطة السياسية والسلطة الإدارية. والدليل على ذلك انزلاق عناصر السلطة الإدارية نحو السلطة السياسية؛ لدرجة أنّ وظائف ومراكز وزارية مهمّة تفلت اليوم من السياسيين لصالح التقنيين.

نفس الشيء بالضبط على المستوى الدولي. فالتكنوقراطية الدولية ظهرت وملأت هذه الأجهزة العالمية العديدة المكلّفة بتحضير القرارات، والتي حصل البعض منها على إنابات سلطوية معيّنة.

أوضح دليل على ما ذكرناه لتوّنا هو المناقشات البرلمانية التي جرت في أيار 1975 حول الطاقة النووية: جدال دون نتيجة، قرار متسلّط من قبل التقنيين، نقص في المعلومات الدقيقة، نقص في المعرفة، لدرجة لم يعد من الممكن معها تمييز الصالح من السيّء، لأنّ الصالح والسيّء لم يعودا وحدتين يمكن تحديدهما بوضوح بل إنّ كلاً منهما أصبح متعدّد الجوانب التي تصعب أحياناً الإحاطة بها. عدا عن ذلك، حتّى الخبراء ليسوا متّفقين في ما بينهم.

إنّ مشكلة العلاقات بين السياسة والتقنية هي مشكلة جوهرية، أساسية. من أجل حلّها، علينا دراسة المسار البطيء للقرار، الحلول المستبعدة وأسباب هذا الرفض لها. في الواقع لا يمكننا أن نحكم إلاّ على خيارات، كان البعض منها عبارة عن نجاحات، والبعض الآخر لم يحظ فعلاً بنتيجة موقّتة. لأنّه عند القمّة يكون القرار دوماً ذا طبيعة سياسية، ولا يمكنه أن يكون تسوية بين مجموعات من الخبراء لا تتفاهم دائماً في ما بينها بصورة جيّدة.

في ثلاثة مقالات ظهرت في جريدة «الموند Le Monde» في تشرين الثاني 1974، حاول نيكولا فيشني Nicolas Vichney أن يعرض أوالية المشاريع الكبيرة التي تتناول

التقنيات المتقدّمة، التي أطلقتها فرنسا، وما أسماه «الكاتدرائيات الجديدة». وقد تضمّنت المقالات الكثير من الأفكار المفيدة حول الشروط التي جرت ضمنها هذه العمليّات، التي يسمّيها آخرون بالبرامج التقنية، من الإطلاق إلى التنفيذ.

كي يتمكّن مشروع علمي أو تكنولوجي، مهما كانت طبيعته، من الظهور «كمشروع كبير»، يجب أن يكون مقدرًا من جانب الرأي العام في وقت يوضع فيه العلم والتقنية في مكانة الشرف. ونعرف أنّه، بالضبط، خلال الخمسينات والستينات كان العلم والتقنية أمرين لا يقاومان. التلفزيون، والمحرك الراكس، الترانزستور، القانون الوراثي...

تاريخياً الجمهورية الفرنسية الرابعة هي التي أطلقت جميع البرامج التقنية الكبيرة: لقد شهد مصنع الرانس Rance لقوّة المدّ المحرّكة تنفيذ مشاريعه سنة 1951، بعد دراسات بدأت سنة 1920، الفرن الشمسي الكبير في أوديّو Odeillo، في البيرينيه Pyrénées، تقرّر سنة 1952 وبدأ سنة 1955، كما بدأ العمل بسلسلة الغرافيت ـ الغاز سنة 1952، طريقة سيكام SECAM في التلفزة الملوّنة حصلت على البراءة سنة 1956، قرار بناء «فرنسا» يعود إلى العام نفسه 1956، فكرة طائرة تجارية أسرع من الصوت تبلورت سنة 1957، وفي نفس التاريخ شهد مصنع بيارلات Pierrelatte إنجاز جميع مشاريعه النهائية. وحدها الحافلة الهوائية تعود إلى العام 1962.

المشاريع هي بشكل عام نتيجة عمل أجهزة حكومية علمية وتقنية، نذكر منها دائرة الأبحاث ووسائل التجربة، من وزارة الجيش، والمركز الوطني للبحث العلمي. في معظم الحالات لم يجر اختراع أيّ شيء تقريباً وكلّ التكنولوجيا كانت مستعارة أو مكتشفة من جديد.

لقد انصبّ الاهتمام بشكل خاص على فكرة الإستقلالية ـ إمتلاك تكنولوجيا خاصّة وإستدراك التأخّرات الكبيرة ـ أو السحر والجاذبية. وغالباً ما كانت القرارات تؤخذ على أساس هذه الدوافع. لم تهتمّ السلطة السياسية بالقيمة الداخلية للتقنيات الموضوعة بقدر ما اهتمّت بمحيطها الإيديولوجي وضغوطاتها المرافقة، أغلب الوقت ضغوطات الأوساط العسكرية (ذرّة، فضاء، تخطيط). بأيّ حال كانت «المصلحة الإدارية تأتي لاحقاً».

لقد كانت النتائج متفاوتة جدّاً. مصنع الرانس، الذي ربّما كان خطوة في مصلحة بريتانيّ Bretagne، لم يعطِ شيئاً. تمّ التخلّي عن مشروع إلدو Eldo. المجهر الإلكتروني لم يبق الأهمّ في العالم إلاّ لفترة قليلة جدّاً من الوقت. أمّا سيكام، أنبوب التصفية ودون شك الكونكورد فلا تجد لتصريفها حالياً سوى أسواق محدودة جدّاً. بالنسبة لمشاريع أخرى فقد اضطر مصنع إثراء اليورانيوم، صاروخ أريان ومفاعل السوبر ـ فينيكس super - Phénix إلى

الاتّحاد مع شركاء آخرين. الحافلة الهوائية خرجت عن السكّة في منطقة وزارة الدفاع الفرنسية La Défense. كلّ شيء يبدو أنّه تطوّر كما لو أنّ هذه المشاريع لم تكن في الواقع سوى نتيجة المحبّة المقدّرة لبعض التقنيات، دون الاهتمام ببناء نظام تقني جديد. أكثر من هذا، في بعض الميادين، اضطررنا للعودة إلى النظام الذي كنّا نريد التملّص منه: سلسلة الغرافيت ـ الغاز التي تُركت لصالح السلاسل الأمريكية، حساب التخطيط الذي انتقل إلى كنف شركة أمريكية. بالإجمال سياسة قائمة على جهود فردية أدّت إلى تخلّيات كلّفت ثمناً باهظاً. لم يكن الأمر عبارة عن سياسة شاملة، عقلانية، بقدر ما كان عبارة عن عمليّات منعزلة.

إنّ صعود قوّة التكنوقراطية، الحقيقي، المفترض أو القادم، قد يقود إلى عدد من ردود الفعل، وأهمّها يتعلّق بوسائل تركيز هذا الصعود وتوجيهه. للوهلة الأولى يبدو من الصعب مواجهة تقنية منتصرة بسلطات موازنة، من حيث إنّ هذه الأخيرة ليست ذات طبيعة تقنية. وحتّى الفترة الأخيرة لم تتمّ معالجة المشكلة إلاّ بصورة جزئية جدّاً. لكنّه لأمر له مغزاه أن نرى الحكومة والأحزاب السياسية تهتمّ حالياً «بقانون حرّيات» جديد، وهذا يعني أنّ هذه الحرّيات معرّضة للتهديد لا سيّما بحكم استعمال بعض التقنيات الجديدة.

لن نعيد هنا ذكر ما قيل حول مخاطر السجلاّت المعلوماتية على المواطنين. إن تشكيل ملفّ يجهل مقوّماته الشخص المعني هو في الواقع عبارة عن مخاطر جسيمة بشأن حرّيات الفرد الأساسية. وفي هذا المجال، باستثناء ردّة فعل الجهاز العامل في أحد البرامج «سافاري Safari »، قلما توجد إمكانية، أقله ضمن نظام ثابت، للتحرّك ضدّ التدخّلات في الحياة الخاصّة. لقد سبق أن عرضنا المشكلة على هذه الصفحات ولن نطيل الشرح بشأنها كثيراً.

لنذهب إلى مقلب آخر، إلى ميدان التلفزيون. لا أحد ينكر أنّ التلفزيون، أو لنقل بشكل أوسع الإذاعة والتلفزيون يتمتّعان بقوّة لا تقاوم. في البلدان التي نسمّيها بالمتحضّرة، حيث لا تتوقّف قراءة المطبوعات عن التضاؤل، بما فيها قراءة الصحف، حيث توجد المواصلات اللاسلكية في يد الدولة، لا يوجد منازع لهاتين الوسيلتين، أمّا مراقبة السينما فتبقى، على مستويات مختلفة، مراقبة محدودة.

في الواقع التقنية هي التي أوجدت ما يسمّيه البعض بالدواء الناجع، الدواء ضدّ التلفزيون. مع تطوّر العتاد البسيط (الفيديو مثلاً) ومع شبكات التوزيع المسافي أو اللاسلكي أصبح بالإمكان سدّ الطريق أمام احتكار التلفزيون. وقد تشكّلت مجموعات تنتمي إمّا إلى أخصّائيين في الصورة، أو إلى أحزاب سياسية.

الشيء نفسه بالنسبة لبعض القرارات التي تستلزم نفقات كبيرة معظم الأحيان، قرارات تطال محيط وبيئة الشعب، أي البنيات الاجتماعية. «إنّ السياسة العلمية لا تتضمّن فقط سياسة من أجل العلم (...) بل إنّها تحلّل أيضاً كيف يمكن للعلم أن يؤثّر على السياسة، كيف تزن الاعتبارات العلمية والتقنية في القرارات المهمّة والخيارات التي تقوم بها السلطة السياسية في ميادين ليست بالضرورة علمية، مثل الشؤون الخارجية أو التنظيم المدني». هكذا نجد السياسة العلمية والتقنية على مفترق طرق العلوم السياسية، الاقتصاد، الفلسفة، وعلم الاجتماع. لقد ذكر في أحد تقارير الأكاديمية الوطنية للإدارة العامّة، في الولايات المتّحدة، أنّ «منظّري العلوم السياسية في القرنين التاسع عشر والعشرين اصطدموا بمشكلة قدرة الأنظمة الديموقراطية على مراقبة وتوجيه قوّة التكنولوجيا ووضعها في خدمة الاحتياجات الاجتماعية، مع الاهتمام بالمصلحة العامّة».

بعد دراسات أخذت انطلاقتها منذ العام 1967، بعد أبحاث أكاديمية العلوم في الولايات المتّحدة، أنشيء سنة 1972 «مكتب إيرادات التكنولوجيا Office of Technology Assessment» في كنف الكونغرس الأمريكي. إنّه الجهاز الثالث الذي أقيم في الكونغرس بعد «مكتبة الكونغرس» و «مكتب المحاسبة العامّة» وذلك بهدف تنوير السلطة التشريعية عبر إعطائها المعلومات الضرورية. ويكلّف هذا الجهاز بتقييم البرامج التكنولوجية التي تضعها المصالح العامّة أو الخاصّة والحكم عليها.

لنذكر ما قاله السيّدان دريان Dérian وستاروبولي Staropoli:

إن مكتب التكنولوجيا هو إذن وقبل كلّ شيء جواب من قبل المؤسّسات القائمة على أزمة ثقة من جانب الرأي العام - أوالية يجب أن تتيح تكهّن واستدراك المغالاة التي يؤدّي إليها نموّ التكنولوجيا. وهكذا نتجاوز التناقض بين الوجهين الأسطوريين للعلم وللتكنولوجيا، وجه باستور Pasteur ووجه فرنكنشتاين Frankenstein.

من جهة أخرى، يبدو مكتب التكنولوجيا نوعاً من الوضع تحت الوصاية لأحد أشكال تنمية التكنولوجيا، المبالغ فيه، الخطر لأنّه لا يهتمّ بما فيه الكفاية لمضاعفات برامجه العديدة على المجتمع. هذه المرّة قد تكون ذكرى مطلِق الجنّ هي التي أدّت بالإداريين والسياسيين إلى توقيع ميثاق جديد ووضع نظام توجيه ومراقبة من نوع جديد.

أخيراً يمكننا أن نعطي مكتب التكنولوجيا سبباً ثالثاً لوجوده. في خضمّ الصراع الذي يراهن على السلطة، في ما بين الذين يتقاسمون هذه السلطة أنفسهم، لعب العلم والتكنولوجيا دوراً أخذ في الكبر. ما أن تعدّت البرامج التكنولوجية النطاق العسكري إلى الحياة اليومية، ازداد الشعور بحدّة بآثارها الاجتماعية والاقتصادية. ضمن هذه الشروط لم يعد يبدو أنّه

بإمكان السلطة السياسية أن تترك لأخصّائيي العلم والتكنولوجيا أمر التحكّم الكامل ببرامجهم. بشكل خاص في قلب السلطة السياسية يكون المشرّع بهذه الطريقة، بصفته ممثّل المواطنين وبحكم مهمّته التوجيهية، يكون قد قرّر التدخّل في العملية.

التجربة مهمّة للغاية، ولكن يجب انتظار بعض الوقت أيضاً لمعرفة ما إذا كانت الأحكام المقدّمة بشأن هذا الجهاز قيّمة ومحقّة، ما إذا كانت تغالي من حيث ثقتها بالمستقبل، أو بالعكس ما إذا كانت تصبّ في نوع من التحفّظ الضيّق. على أيّ حال لا ننكر أنّ هذه الطريق هي التي يتعيّن أغلب الظنّ اتّباعها من أجل تحقيق التوازن بين السلطة السياسية والسلطة العلمية أو التقنية.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبلوغرافيا

بالنسبة لكلّ المراجع التاريخية، نحيل القارىء إلى مراجع القسم الأوّل من الكتاب. كما نضيف إليها:

مؤتمر بونتا موسّون «L'Acquisition des techniques par les pays non initiateurs»، Pont à Mousson، باريس، 1973.

بالنسبة للعصر الحالي:

«Politique et techniques»، مؤتمر نيس Nice، باريس، 1958.

م. دبريه، «Pour un ministère de la science»، في جريدة «الموند»، 28 آب 1974.

سان ديديجيه St. Dedijer، «Politique de la science , genèse et évolution»، في مجلّة «Économies et Sociétés»، III، 1969، ص 871-918.

ج. غراهام J. Graham، «The Role of Science and Technology in Developing Countries»، أكسفورد، 1971.

ف. بيرّوه F. Perroux، «L'Innovation et l'économie de pleine innovation»، في «الاقتصاد التطبيقي»، XXIII، 1970، ص 181-216.

ج. شموكلر J. Schmookler، «Invention and Economic Growth»، هارفرد، 1966.

ب. فيلاس P. Vellas، «L'Europe face à la révolution technologique américaine»، باريس، 1969.

حول التعاون التقني:

م. دوميرغ M. Domergue، ««Théorie et pratique de l'assistance technique»، باريس، 1973.

إ. ب. هاوثورن E. P. Hawthorn، ««Le Transfert de technologie»، باريس، 1971.

د. فيرغيز D. Verguese، «Dix ans de coopération européenne pour l'exploration de l'espace»، في جريدة «الموند»، 20 آذار 1974.

حول العلاقات بين التقنية والسياسة:

ج. باريتس J. Barets، ««La Fin des politiques»، باريس، 1962.

ب. بوشار P. Bauchard، ««Les Technocrates et le pouvoir»، باريس، 1966.

ج. بيلي J. Billy، ««Les Technocrates»، باريس، 1975.

ج. برنهام J. Burnham، ««l'Ère des organisateurs»، باريس، 1947.

ج. ك. غالبريث J. K. Galbraith، ««Le Nouvel Etat industriel»، باريس، 1968.

ج. مينو J. Meynaud، ««Technocratie et politique»، باريس، 1962.

ش. ر. ميلز C. W. Mills، ««The Power Elite»، نيويورك، 1959.

ش. ر. ميلز، ««Les Cols blancs»، باريس، 1970.

أ. أولمان A. Ullman و هـ. آزوه H. Azeau، ««Synarchie et pouvoir»، باريس، 1968.

و. هـ. وايت W. H. Whyte، ««L'homme de l'organisation»، باريس، 1959.

وبالنسبة للمثل الأمريكي:

ج. ك. دريان J. C. Derian وأ. ستاروبولي A. Staropoli، «La Technique incontrôlée?»، باريس، 1975.

الفصل السابع

محاولة في المعرفة التقنية

كي ننهي هذا المؤلّف، سنكون فعلاً بصدد محاولة، مع كل ما تحمل هذه العبارة من قصور ومن شكوك. في الواقع قلّما جرى تناول الموضوع، طالما كان الذهن ملبّداً بالأفكار التي تلقيناها وقبلنا بها دون أيّ نقاش. إذن المشكلة لم تنطرح أبداً. إنّ عبارة العلم التطبيقي، التي نسمعها دوماً، تشير إلى علاقة تبعية، ولكن تبعية باتّجاه واحد. وعنوان فصل باشلار Bachelard، «المعرفة والتقنية»، يقدّم لنا دليلاً واضحاً. ما أن تصبح التقنية غير «علمية»، نرفض وسمها بأيّ منطقية. لقد كتب باشلار: «في مجال التقنية، يتكامل الهدف مع الكائن الذي يحقّقه، إنّه عنصره الأساسي، وهذه المرّة لا نسمع عبارة «هنا يجب أن يكون» كفرضية منطقية، بل كأمر». إنّ المفكّر أو الفيلسوف يتعثّر نوعاً ما بظلّه كي يضع التقنية تجاه المعرفة التقنية، وهما أمران مختلفان من حيث الشكل والنوع.

يقدم لنا عمل السيّدين غييارم Guillerme وسيبستيك Sebestik حول «بدايات التكنولوجيا» انطباعاً مشابهاً. بالنسبة لهما التكنولوجيا هي مقالة في التقنية «ومحاولة كتابة تاريخها هي مادّة علمية، أو على الأقل مشروع معالجة علمية، يستهدف العمليات التقنية». وفي مكان آخر من الكتاب: «يرمي الاسم إذن إلى تشكّل مقالة في العمليات التقنية كمقالة من النوع العلمي». حتّى منتصف القرن التاسع عشر، كان يُميَّز رسمياً بين «الفنون» و «العلوم». وحتّى في أيّامنا هذه تطالعنا أسماء مدارس مثل مدرسة الفنون والمهن أو مدرسة الفنون والصنائع. ولكن أكثر فأكثر، تتماثل المعرفة التقنية مع المعرفة العلمية، أو إذا بدا هذا التماثل صعباً، مع منتوج ثانوي من منتوجات العلم. كما يُحكى عن «نضج المقالة التجريبية وتحوّلها وفقاً لمتطلّبات مقالة علمية».

على أيّ حال، يتعيّن التخلّص من المواقف التي اتّخذها البعض. إنّنا نضع أحياناً وعمداً المعرفة التقنية ضمن ما يسمّى بالتجريبية، وهي طريقة أخرى لقول ما كتب المؤلّفون الذين ذكرناهم لتوّنا. لأنّ التجريبية تعني غياب المنطق وأنّ كلّ معرفة، بصفتها كذلك، هي بالضرورة منطقية. إذن هذا المنطق هو الذي ينبغي إعادة تكوينه، وتأكيده، بأيّ شكل كان.

هل يعي، هؤلاء المؤلّفون المعاصرون، إلى ما قد تكونه تقنية تجريبية محضة، أي عشوائية، في حين أنّه يجب صنع شيء محدّد تماماً، بكلّ مظاهره؟

وكيف لا يكون الأفضل بدء هذا البحث، المؤقّت أيضاً والقابل للمراجعة، بالتساؤل كيف نظر إلى المعرفة التقنية في مجموعة المعارف؟ إنّ عبارة «تصنيف العلوم» هي عبارة ملتبسة من حيث إنّ عبارة العلم هي كذلك، إلاّ إذا سلّمنا ضمنياً بأنّ العلم يعني المعرفة المنظّمة، التي تملك على درجات مختلفة، منطقها الخاص؛ أو بعبارة أفضل، بأنّ كلّ تقنية، على أيّ مستوى كانت تقع، من الأبسط إلى الأكثر تعقيداً، تملك نظامها الخاص. أن ننجح في صناعة قبقاب هو أمر من نفس مستوى حلّ معادلة معيّنة: فليس بالإمكان إنكار سلسلة الخطوات المتّبعة، استعمال جميع الأدوات تدريجياً، ابتكار الأشكال ـ من المحاولات الأولى إلى الأشكال النهائية ـ، والحركات وهي الضرورة التي لا تتبدّل. إن خطأ في الحركة يشبه الخطأ في الحساب.

هكذا إذن أحطنا بموضوعنا. أن نحدّد موقع المعرفة التقنية بالنسبة لبقيّة المعارف هو هدف أوّل. بعد ذلك فقط يمكننا أن نحاول، مع كلّ ما يستلزم هذا الأمر من مصاعب، أن نحصي مختلف أشكال المعرفة التقنية.

التقنية وتصنيف المعارف

إنّ هذا البحث، مهما بدا لكم متفلسفاً، من الضروري القيام به. من المستحسن دوماً، من المفيد دوماً معرفة كيف حاول الإنسان دمج المعرفة التقنية مع نظام كلّي من المعارف، كيف تمّ تحديد موقعها بالنسبة للأخرى. والمهمّة ليست سهلة، لأنّ النصوص لم تُجمع.

بالطبع كان هناك نماذج قديمة حصلنا على آثارها منذ القرون الوسطى. عند بداية القرن العاشر، لا شكّ في أنّ ابن سينا اتّبع التقليد عندما ألحق بعلم الهندسة معظم التقنيات التي مارسها ميكانيكيو مدرسة الإسكندرية: علم قياس المساحات (الجيوديزيا)، علم الأجهزة المتحركة بذاتها (الأوتومات)، علم جرّ الأوزان الثقيلة، علم الأوزان والموازين، علم أدوات القسمة (علم المقاييس)، علم المناظير والمرايا (علم البصريات)، علم جرّ المياه. إذا كان لم يتمّ ذكر سائر التقنيات فذلك لأنّها لم تُعتبر علوماً، لأنّها لم تستطع الدخول ضمن تصنيف للعلوم: في الواقع بماذا نلحق النسيج أو فنّ الخزّاف؟

في الغرب المسيحي أحد أوائل المؤلّفين الذين اهتمّوا بهذا الموضوع هو هوغ دو سان فيكتور Hugues de Saint - Victor. ففي كتابه «ديداسكاليكون Didascalicon» جعل

من الميكانيك، أي دراسة التقنيات، واحداً من الفروع الأساسية الأربعة في الفلسفة. لقد أظهر أنّ هذا المؤلّف كان يستوحي من كتاب De civitate Dei لسان أوغوستان Saint Augustin، الذي كان يغرف من مؤلّف De natura deorum لشيشرون، الذي تأثّر بدوره من بوزيدونيوس Poseidonios وبانيتيوس Panetius. بالنسبة لهوغ دوسان فيكتور، فهو يرى أنّ عمل الحرفيين يحاول أنّ يقلّد الطبيعة؛ إنّ استيعاب (ratio) الفنون الآلية كان مذ ذاك وسيلة لفهم الخلق، إذن طريقة للسير نحو الله. أمّا كتابه Practica geometriae فيميّز جيّداً، من جهة أخرى، بين النظرية والتطبيق: نعود ونلتقي هنا بهذه التبعية لعلم الهندسة من جانب فنون الميكانيكي والمهندس التي ستبقى حتّى القرن السابع عشر.

إنّ تصنيف العلوم لدى الفارابي يخرجنا قليلاً من نطاق هذه المفاهيم الأولى. لم تعد المسألة مسألة فنون ميكانيكية تنسخ عن الطبيعة، لقد أصبح الأمر يتعلّق بتقنيات تطبّق العلوم النظرية بغية الحصول على فعالية معيّنة. نصل إذن إلى تقسيم كلّ من فروع المعرفة إلى فكري وعملي.

في نفس الوقت الذي اختفى فيه هوغ دوسان فيكتور قام دومينيكو غونديسالفو Domenico Gundisalvo (أو دومنغو غونزاليس) بترجمة «إحصاء العلوم» للفارابي؛ ترجمة ولكن أيضاً اقتباس، حيث تختلط الإسهامات الشخصية وذكريات هوغ دوسان فيكتور. العلم، أي ما نسمّيه اليوم العلم، هو السيانتيا دوكترناليس scientia doctrinalis: إنّه يتناول الحساب، الهندسة، البصريات، علم الأوزان وأخيراً علم الآلات. كذلك يوجد فصل وتمييز بين العلم النظري والعلم العملي، أو التطبيقي. علم الحساب قد يكون تجارياً، وعلم الهندسة قد يكون عملياً كما قد يكون نظرياً. لقد كان التأهيل الهندسي لمهندس البناء، كما بالنسبة لهوغ دوسان فيكتور أو فنسان دو بوفي Vincent de Beauvais، يجد تطبيقه بشكل خاص في المجال العسكري. أمّا إدخال «علم الآلات» ضمن المعرفة العقدية العامّة فقد تأكّد حتماً. «يعلّمنا علم الآلات وسيلة تصوّر واختراع طريقة تسوية الأجسام الطبيعية بالحيلة المناسبة، المتطابقة مع حساب عددي، بشكل يسمح لنا باستخلاص الاستعمال الذي نريده». هكذا ينطبق هذا العلم على فنّ البناء، على صنع الآلات الرافعة، على الآلات الموسيقية، على صنع الأقواس، الأسلحة، المرايا المحرقة، الخ.

إنّ مؤلّف فنسان دو بوفي Speculum doctrinale يعبّر عن مواضيع شبيهة تماماً ويركّز على العلاقات الضرورية بين مختلف العلوم..

سنة 1296، استعرض ريمون لول Raymond Lulle بدوره مختلف العلوم في كتابه Arbor scientiae. عدا عن علوم الثلاثية والرباعية السبعة، عدّد علوماً أخرى تشكّل تقنيات

معيّنة، كما ظهر كاملاً أكثر من سابقيه:

de arte fabrilis	الصناعة المعدنية أو التعدين
de arte carpentoria seu aedificatoria	بناء
de arte sartoriae	صناعة الملابس
de arte agricoliae	الزراعة
de arte mercimoniae	التجارة
de arte nautarum	الملاحة
de arte militiae	الحرب

التصنيف لا يجري هنا وفقاً للتقنيات بالمعنى الخالص للكلمة بقدر ما هو وفقاً للنشاطات.

كما نرى، الأمر هو عبارة عن تعدادات أكثر منه تصنيفات فعلية مع كلّ المشاكل العلومية التي تتضمّنها. ولكن نعتقد أنّه كان من المهمّ إظهار أنّ فترة القرون الوسطى قد استوعبت وجود معرفة تقنية كان ينبغي تقريبها من المعارف الأخرى، حيث لا يمكن ربطها منطقياً مع هذه الأخيرة.

وإذا ذهبنا بعيداً في الزمن نجد اهتمامات مشابهة. مثلاً كريستيان وولف Christian Wolff يتناول الموضوع في فصل De partibus philosophiae في مقدّمة كتابه Philosophia rationalis sive logica، 1728. الأمر يتعلّق، كما يفسّره مؤلّفا المقالة التي تتناول أصول التكنولوجيا والتي ذكرناها أعلاه، بأن نجمع ضمن عقيدة مترابطة المعرفة الضمنية الموجودة في العمليات الفنية وإدراجها في الخارطة الفكرية للنظام الجامعي، أي لنظام المعارف الشامل. كلّ فنّ، مثل القانون أو الطبّ، يدفع إلى أسباب عمليّاته التي تفسّر إمكانية القيام به. فلسفة الفنون هذه أطلق وولف عليها اسم تكنولوجيا، «علم الفنون وانجازات الفن أو، إذا كنّا نفضّل، علم الأشياء التي ينتجها البشر بواسطة عمل أعضاء الجسد، بصفة خاصّة اليدين». المقصود هو إذن تقنيات تقليدية، حيث التقنيات المتقدّمة اندمجت بالعلوم اندماجاً تامّاً.

إنّ طبعة سنة 1763 من مقدّمة « الموسوعة l'Encyclopédie » تتضمّن في خاتمتها شكلاً يعرض المعارف الإنسانية، وفيه نرى هذه المعارف مقسّمة إلى ثلاث مجموعات كبيرة: المعارف التي تتعلّق بالذاكرة؛ المعارف التي تتعلّق بالعقل؛ المعارف التي تتعلّق بالمخيّلة.

بالتفصيل، نحن بصدد نشاطات فكرية، مأخوذة بالمعنى الواسع للكلمة، أكثر منه بصدد معارف فعلية. بالنسبة لدالامبير d'Alembert، تتعلّق التقنيات التقليدية بالذاكرة، كما

يرى في تقنيات أخرى منتوجات ثانوية من العلوم وتتعلّق إذن بالعقل. مثلاً الهندسة المعمارية العسكرية والتكتيك، ينجمان عن علم الهندسة. الميكانيك يؤدّي إلى علم المقذوفات، إلى العلوم المائية، إلى الملاحة وإلى هندسة بناء السفن. أمّا الناريات، والصباغة فيصدران حتماً عن الكيمياء. نشير أخيراً إلى أنّ هندسة البناء المدنية مدرجة ضمن المعارف التي تتعلّق بالمخيّلة.

في الواقع إنّ أولى التصنيفات الحقيقية للعلوم ظهرت خلال القرن التاسع عشر. كما أنّ معظم المؤلّفين يجدون صعوبة في تحديد موقعْ التقنيات؛ في التصنيف الخطّي لأوغست كونت Auguste Comte، وفقاً لمبدأي التعميم المتناقص والتعقيد المتزايد، لم يكن إدراج المعرفة التقنية جيّداً.

في بحثه حول «فلسفة العلوم» (1834) يوصي أمبير Ampère، القريب جدّاً من التقنيات، بتصنيف طبيعي للعلوم على طريقة جوسيو Jussieu أو كوفييه Cuvier. تحدّد «التكنولوجيا» كعلم من الدرجة الأولى، داخل تشعّب العلوم الفيزيائية وتحت جناح العلوم الكوزمولوجية. بعد ذلك يأتي التمييز الملائم الذي يفصل التكنولوجيا عن العلوم الطبيعية من كون هذه الأخيرة تنظر إلى هدفها «بمعزل عن الفائدة التي نجنيها منه». التكنولوجيا تغطّي أربعة قطاعات: أ) التكنوغرافيا أو معرفة طرق تخصيص «الأجسام لمختلف الاستعمالات التي أعدّت لها»؛ ب) حساب الإبداعات الصناعية الضرورية؛ ج) الاقتصاد الصناعي، مقارنة النتائج الحاصلة؛ د) الفيزياء الصناعية، أي «معرفة الأسباب التي يمكننا عبرها إتقان الطرق المعهودة، واختراع طرق جديدة» و «التكهّن في الحالتين بالنجاح المنتظر».

نرى جيّداً كيف أنّ كلّ شيء ما يزال مبهماً بعض الشيء. إنّ التقنيات بكلّ معنى الكلمة تتعلّق بالقطاعين الأوّل والرابع والفوارق بين هذين القطاعين هي غير دقيقة أبداً.

في «بحث حول أسس معارفنا» (1851)، يتناول أ. أ. كورنوه A. A. Cournot بدوره الموضوع، ويصنّف المعارف في جدول بمدخلين؛ المدخل الأوّل هو سلسلة كونت الخطّية، مع بعض التصحيح، أمّا المدخل الثاني فيتضمّن سلسلة نظرية، سلسلة كوزمولوجية أو تاريخية وسلسلة تقنية أو عملية. بالنسبة لهذه السلسلة الأخيرة لدينا:

بالنسبة للعلوم الرياضية: حساب، علم القياسة، جيوديزيا؛
بالنسبة للعلوم الفيزيائية: توقيت، فنون المهندس؛
بالنسبة للعلوم البيولوجية: علم الزراعة، طبّ، تربية؛
بالنسبة للعلوم النوولوجية: قواعد، قانون طبيعي؛
بالنسبة للعلوم السياسية: علوم قانونية، ماليات.

لقد كتب أحدهم أنّ «جدارة كورنوه الكبيرة كانت، خلال تصنيفه للعلوم، ليس في أنّه فسّر دون شكّ بصورة عامّة مسألة البنيات ومراحل التكوين، بل في كونه ميّز، بكلّ وضوح وصفاء رؤية، مسألة قوانين البنية والمسألة التاريخية بكلّ أشكالها». لكن تجدر الإشارة إلى أنّنا لسنا هنا بمعرض نظام شامل للمعارف، حتّى وإن بدا أنّ بعض العبارات العامّة، مثل «فنون المهندس»، تغطي ميادين واسعة. في أيّ فرع نضع مثلاً صانع القباقيب؟

إنّ النقاشات الحالية حول الصفة المتسلسلة أو الدورية لتصنيف العلوم وحول علاقات التتابع التي تدخل فيها لا تقدّم لنا الكثير بشأن إدراج المعرفة التقنية. لقد اعتقد البعض، وكانوا على حقّ، بأنّه يوجد مستويات كثيرة من الفكر التقني بالنسبة لكلّ مادّة ويمكننا أن ننتظر من علاقة التتابع هذه أن تغطّي أشكالاً مختلفة من الإستقلالية، لا سيّما أنّ هذا الترتيب يبدو في بعض الميادين خطّياً وفي ميادين أخرى دورياً. سوف نرى أنّ المعرفة التقنية تتضمّن أشكالاً عديدة، وقد جرت المحاولة لدمج بعضها ضمن هذه التصنيفات، وبالتحديد تلك التي كانت تبدو الأكثر «علمية»، وترك البعض الآخر.

تقنية غير علمية

هناك الكثير من المواقف المذهلة، المتناقضة غالباً، المبهمة أحياناً. هذا في الواقع لأنّ مفاهيمنا ومفرداتنا ليست متكيّفة مع المسألة التي تهمّنا هنا. ماذا تعني المعرفة بالضبط، ماذا يعني العلم. وفي خضمّ الأفكار تنزلق بالطبع التأويلات المتنوّعة.

هل من الممكن، إذا أردنا دفع الأمر حتّى عبثيته، أن يكون هناك معرفة ليست من النوع العلمي؟ يحقّ لنا طرح السؤال من حيث أنّ كلّ المواد اليوم تريد أن تكون علمية، أي قابلة للترييض، إذا كان بإمكانها ذلك، والدليل على هذا توسّع الإحصاء وكلّ الحسابات التي تلحق به.

عندئذ ماذا يصبح، ونستعيد هنا مثلاً سنورده كثيراً، صانع القباقيب، ماذا يصبح السمكري أمام مشكلة في الصنابير أو في تفريغ الأقذار؟ لا شكّ أنّ هناك شذرة من الرياضيات: بشكل أساسي القياس. وأيضاً، في عدد لابأس به من المهن التقليدية، لا وجود للقياس، العدد غائب تماماً. عندما تقوم الحائكة بعملها فإنّها تنفّذه إنطلاقاً من رسم معيّن، نسمّيه باترون (مثال)، ثمّ تعدّ زرداتها، وتعمد إلى تخفيض أو زيادة قبل أن تركّب المجموعة. إنّها عملية تقنية سنعود ونلتقيها لاحقاً. لكنّ الخزّاف الذي يصنع قطعته لا يملك على الدوام مثالاً، نموذجاً أو قوالب: إنّه يصنعها على التخمين ووفقاً لذوقه فقط. عندئذ ألا يمكن إعتبار صناعة الخزف معرفة؟

دون معرفة، لما كان هناك مهنة. ولا يمكننا بهذا الصدد إيجاد نموذج أفضل ممّن نسمّيه المرمّق، فبحكم نقص المعرفة، قُدِّمت له أدوات متقنة أكثر فأكثر ووصفات ازدادت بساطتها بفضل هذه الأدوات. في الواقع الإصلاح المرمّق ليس نفي المعرفة بقدر ما هو محوّل سيكولوجي، أو الانتظار غير المحدّد لصاحب الإختصاص. «هل يملك موهبة مميّزة؟ هل يملك محترفاً يحسده عليه الإختصاصيون؟ أبداً! بمساعدة جهاز أدوات بسيط، ولكن عالي النوعية، تعلّم ألف وسيلة ووسيلة لصيانة، وإصلاح، وتحسين منزله بنفسه». إلاّ أنّه تعلّم، من جهة، ومن جهة أخرى أصبح بيع الأدوات أمراً متداولاً، وأصبحت الأداة، أكثر فأكثر، «عامّة». وأخيراً يدخل ما يمكن للمرمّق أن يقوم به في دائرة محدودة جدّاً من العمليات.

خذ مثلاً عامل الكاراج الذي يصلح لك سيارتك. إنّه لا يعرف شيئاً عن أعمال بو دو روشا Beau de Rochas حول دورة الفترات الأربع، ولا يعرف شيئاً عن المعادن المستعملة. فقط قدّمت له بعض النقاط المرجع وبعض الإرشادات، كما جرى تحذيره ممّا لا يعرف أي، نوعاً ما، الحدّ من معرفته، ولكن هناك مع هذا معرفة معيّنة، ومن نوع تصعب الإحاطة به. وكوننا نجد عمّال كاراج ماهرين ورديئين يدلّ، كما في كلّ علم، على وجود درجات من المعرفة. هناك أشياء يمكن تعلّمها، أشياء تُحسّ ـ مثل هدير المحرّك أو لون الشعلة التي تخرج من فرن توماس ـ. هناك العقلاني وغير العقلاني. ألهذا السبب لم يكن هناك من معرفة؟

عندئذ نصل إلى كلمة تبلغ، بعد المعرفة، بعد العلم، أعلى درجات الالتباس. ماذا تعني بالنهاية، وفقط في الميدان الذي يهمّنا هنا، التجريبية؟ في لغاتنا الحديثة، لا يمكن الإنكار أنّ العبارة اتّخذت معنى منتقصاً من قدرها، فقد أصبحت النفي المطلق لكلّ عقلانية. ينقصنا في الواقع عمل جدّي حول التجريبية: ليس بالإمكان التفكير بالقيام به هنا. وعبارة باشلار Bachelard، المعرفة التقريبية، إن كانت تختصر الموضوع إلى بعض المعطيات المهمّة، فهي لا تلغيه.

لنأخذ تعريف آلكييه Alquie في إحدى الموسوعات. «بالمعنى الجاري، تعني كلمة التجريبية الاستعمال المطلق للاختبار، دون نظرية وحتّى دون نمط تفكير». وهذا يعني حرفياً الوقوع على مفهوم آخر، لا يقلّ إلتباساً، هو مفهوم الإختبار. في الواقع لسنا متقدّمين أكثر من ذلك.

لا شكّ في أنّه تجدر بنا العودة إلى النصوص القديمة. إنّ الكلمة اليونانية Pια (إمبيريا = تجريبية) تملك معنى، وهذا ما نعتقده على الأقلّ، فضفاضاً ما يكفي لسماح بكل التفسيرات. إذا اعتمدنا «الميتافيزياء» لأرسطو، فإنّ Pια تمثّل كمّية من المشاهدات

المتراكمة والمتوافقة، ممّا يسمح بإستخلاص شكل معيّن للحقيقة، ولكن دون أن يكون هناك بحث في الأسباب، أي دون أن يكون هناك سياق تفكير منطقي. المنطق هنا هو إحصائي محض. دون نظرية، بالطبع، وهذا يصحّ في التقنية، أو يصحّ تقريباً، حتّى القرن الثامن عشر. إلاّ أنّ غياب النظرية لا يعني بالضرورة غياب التفكير ويتراءى لنا بوضوح أنّه لا وجود للتقنية دون التفكير. من تصوّر الأداة إلى تحقيق الصنع، كلّ شيء يمرّ عبر التفكير

استناداً إلى دراسة حديثة، نرى أنّ التصوّرات في الرسم الصناعي، وفي صنع وتدوير التربينات المائية في الولايات المتّحدة حصلت نتيجة «طرق تجريبية محضة». «إنّ كلّ تعليمات بويدن Boyden وفرنسيس Francis العلمية ذهبت أدراج الرياح وسيطر شعار التفصيل والمحاولة. إذا لم تأت عجلة ما بالنتيجة المتوخّاة منها، يتمّ ردّ قواديسها، رفعها أو خفضها والقصّ من نوافيرها حتّى تأتي بنتيجة أفضل». إذن يفترض بتحسينات التربينة أن تكون من وضع عمّال يعملون غالباً بالتلمّس، لأنّ القليل من الصانعين يزعم بمعرفة مبادىء فنّه ولم يوجد أبداً اثنان متفقان دوماً حول النظرية التي تخدم كأساس لما يقومان به. وكما قال أحد المؤلّفين في ذاك العصر، كانت الغريزة هي ما يقود هؤلاء الصنّاع، كما قيل عن أحد صانعي التربينات الأوفر حظّاً: «لقد كانت نظرياته خاطئة، إلاّ أنّ جهله لم يحل دون نجاحه».، وعن صانع آخر: «لا يملك خططاً ولا طرقاً في العمل، لقد اتّبع فقط نظام التفصيل والمحاولة». ونذكر هذه الملاحظة من قبل أحد صانعي الطواحين، نحو سنة 1850: «لم تقدّم لنا الأبحاث النظرية العلمية الكثير بشأن تحسين الفنون الآلية في هذا البلد...؛ بالنسبة للميكانيك العملي، إنّ أيّ تطوّر لا يعود إلى رجال العلم».

تلزمنا دراسة أدقّ بالنسبة للشروط التي تحقّقت فيها هذه العجلات، فالإسنادات تتناقض: بعضها يوحي ويقول بتجريبية ـ ولكن أيّ تجريبية؟ ـ والبعض الآخر يشير إلى نظريات، وإن خاطئة، تستدعي سياق تفكير معيّن. نحن نعتقد أنّه يجب متابعة البحث.

الحركة والكلام

نأخذ هذا العنوان عن أ. لوروا ـ غوران A. Leroi - Gourhan ونضطّر للإيجاز لأنّ الحركة والكلام هما بالتحديد ما لا يمكن كتابته. من جهة أخرى، قد نعتقد أنّ هاتين العبارتين لهما قيمة تأريخية كونهما ينتجان عن عالم لفترة ما قبل التاريخ، ولكنّهما تتعدّيان ذلك فتبقيان ملائمتين خارج الزمن لا سيّما أنّ عدداً من الأشخاص ما يزال يؤمن، وبشدّة، أنّ التقنية لا تقرأ، بل تعلّم في «المحترف»، بالتمرّس، أي بالتحديد عبر الحركة والكلام. وهذا الأمر يتجاوز حتّى التقنيات المسمّاة بدائية أو تقليدية.

ولسوف نرى تفكّك مختلف عناصر المعرفة التقنية، ومنها ما يأخذ أشكالاً متنوّعة. إن

الخطوات البدائية للتقنيات التقليدية تتعلّق بسياق عمل محدّد، حتّى وإن كانت العملية الكاملة، أي الصناعة، تستدعي تتابعاً من الخطوات التقنية. ويمكننا النظر في ثلاثة أنواع:

I ـ إنّ اختيار المادّة أو المواد المطلوب شغلها هو أساسي. هذه المعرفة تقترب من العلوم الطبيعية أو الكيميائية من نواح عديدة. وسنعود لاحقاً لهذا الأمر.

II ـ معرفة الفعل وتابعه، أي الأداة، أو مجموعة الأدوات الضرورية. وهنا نجد أنفسنا في قلب الحركة والكلام. الأداة، آلة الفعل التقني، هي شيء متخصّص جدّاً. بالطبع هي متكيّفة مع المادّة المشغولة، مع العملية المطلوب تنفيذها ولكنّها أيضاً، إلى حدّ ما، متعلّقة بالعامل الذي يستخدمها، أي بطريقة إستخدامها. إنّها فريدة من نوعها وصعبة النقل إلى خارج إطار الحركة المقولبة المتكرّرة والكلمة التي تعبّر عنها. إنّها تتوقّف على اليد التي تتصرّف بها، على الفكرة التي نكوّنها عن إستعمالها وفائدتها. كما أنّها مصنوعة من مادّة خاصّة وتتمتّع بشكل مناسب؛ وزنها، توازنها، قبضتها هي الروابط بينها وبين اليد. وكلّ هذا لدرجة أنّ العامل في ما مضى كان يؤنسن أدواته، ينجزها ويكيّفها وفقاً لطريقة عمله.

III ـ أخيراً هناك الغرض المطلوبُ شغله والعلاقة هي أيضاً شخصية، مثل العلاقة مع العمل الفنّي، كما أنّه يُصنع تبعاً لقواعد تتحدّد شيئاً فشيئاً ولكن تترك للحرفي، عدا عن ذوق الزخرفة المزاجي، حيّزاً مهمّاً من الحرية.

ضمن هذه الشروط يصبح من الصعب، انطلاقاً من مستوى معيّن، نقل المعرفة التقنية. هناك من ينجح وهناك من يخفق أو يقع في العادي والرخيص. الإنجاز هو الغرض المصنوع، ولكن هنا يتمتّع الغرض بأبعاد أخرى غير مجرّد النفع، النفع الجيّد. المهنة تقع على نفس مستوى الفنّ، فماذا نقول عن المعرفة الفنية؟

يقول دالامبير d'Alembert في افتتاحية موسوعة «الانسيكلوبيديا» أنّ «اليد العاملة هي التي تصنع الفنان وليس في الكتب يمكننا تعلّم العمل اليدوي». إنّ توسيع دالامبير لهذه الفكرة يتطابق تماماً مع وجهة نظرنا.

كلّ شيء يدفعنا إذن للعودة إلى العمّال، وقد توجّهنا فعلاً إلى أمهر عمّال باريس والمملكة: جهدنا في الذهاب حتّى محارفهم، لاستجوابهم، لكتابة ما يملونه علينا، لتوسيع أفكارهم، لإستخلاص العبارات الخاصّة بمهنهم، لوضع جداول لها وتحديدها، للمحادثة مع من يسردون لنا مذكّراتهم، وأيضاً (وفي هذا احتياط واجب) للتقويم عبر المقابلات المطوّلة مع البعض ما لم يكن البعض الآخر وافياً وأميناً في شرحه. إنّ معظم الذين يمارسون الفنون الميكانيكية لم يعتمدوها إلاّ للضرورة، ولا يتصرّفون إلاّ بالفطرة. من ضمن ألف عامل، بالكاد نجد اثني عشر يستطيعون التكلّم بوضوح تام عن الأدوات التي يستعملونها والأعمال التي يصنعونها. كما رأينا عمّالاً يعملون منذ

أربعين سنة دون أن يتعرفوا إلى آلاتهم. (...) ولكن هناك بعض المهن الفريدة جداً، والأعمال اليدوية الدقيقة جداً لدرجة لا يمكننا معها التكلّم بدقة عنها دون أن نشتغلها بأنفسنا، أن نحرك الآلة بيدينا، وأن نرى العمل يتشكّل تحت ناظرينا.

في نصوص أخرى، يحدّد هكذا دالامبير وديدرو Diderot هذا الشكل من المعرفة بصورة تامّة.

إنّ ما حاولت موسوعة «الانسيكلو بيديا» القيام به، مع كلّ الصعوبات التي ركّز عليها باعثوها، أصبح بالإمكان فعله مع السينما، التي تعيد بناء الحركة والكلام على وجه الدقّة.

على هذا الصعيد، يكون اكتساب المعرفة عبارة عن عملية تقليد. ونفهم هنا بعض قوانين الشركات التي تحدّ من عدد المبتدئين. ليس في هذا نوع من المالتوسية الحرفية وحسب بل أيضاً صعوبة الشرح لعدد كبير من الأفراد وتقويم الحركات الضرورية وفقاً لمعالجة الأداة وصنع الغرض.

وحدود اكتساب المعارف هذا واضحة جدّاً: لسنا هنا بصدد وراثة، فالإرث جزئي وحسب. يمكننا فهم الأمر عبر التقرير الذي كان وضعه أ. غريبار O. Gréard، سنة 1872، حول تأسيس مدرسة للتدريب المهني في مدينة باريس، لا سيّما أنّه كتبه في عصر كانت المهن المسمّاة تقليدية فقدت فيه ميزاتها الخاصّة. لا يمكن أن يتمّ التدريب خارج المحرف، وهناك الكثير من المهن التي لا تتأقلم مع التدريب. إذن لم يكن من الضروري إنشاء مدرسة واحدة فقط، بل عدد كبير جدّاً من المدارس. إلاّ أنّ ما كان مستشار باريس يريد القيام به هو شيء آخر، ويقع على مستويين اثنين؛ نمرّ بسرعة على المستوى الأوّل الذي كان يعني إعطاء الطالب المهني معلومات مفيدة ولكن خارجة عن إطار المهنة بحدّ ذاتها: معلومات علمية، تأهيل سلوكي يهدف إلى تسهيل ممارسة المهنة. وإلى جانب هذا، كان على الطالب أن يعرف كيفية تنفيذ بعض العمليات الأساسية، «مثل التقويم أو التسطيح، التجليس، البرم، الخ.». من هنا كنّا نمرّ إلى الأدوات المكيّفة مع هذه العمليات الأساسية.

الوصفة

غالباً ما كانت الوصفة عنواناً لكتب التقنيات ـ وما تزال تستعمل اليوم في الطبخ. ومن بين الأخيرة من الكتب التقنية هذه نذكر عمل برنار باليسي Bernard Palissy. الوصفة هي نص، مصحوب أو غير مصحوب بالأرقام، يسمح بالوصول إلى النتيجة المطلوبة.

الأوالية تبدو بسيطة؛ في الواقع هي عبارة عن تجمّع من الملاحظات المترابطة في مجال معيّن، دون البحث عن أسباب الأعمال الملحوظة. إنّها معرفة ذاكرة. نجد الوصفة مثلاً في تمكّن الطبيب في حالة معيّنة من تحديد الدواء الذي يتمتّع بخصائص شفائية، وفي

معرفة الصياد أين توجد السمكة التي يريد. إذن تتجاوز الوصفة ميدان التقنية لنطاق أوسع، ولكن هل من داع لنذكّر بأنّ ميادين الوصفة تضاءلت بصورة فريدة من نوعها. ولا نذكر كدليل على هذا سوى تعريف واحد من أحدث المعاجم: الوصفة هي طريقة نعتمدها في الاقتصاد المنزلي.

ذكر أرسطو الأمر بوضوح في كتابه «الميتافيزياء»: «إذن لا يمكن للتجربة أو للخبرة العملية أن تبلغ قواعد المعرفة الضرورية التي تطبّق عليها بامتياز عبارة المبدأ؛ بل التجربة يعبّر عنها بجمل تنشأ خارج البديهية الحدسية والجدل الشكلي، جمل هي بكلّ حال تأكيدات وآراء غير مبرهنة». هنا يكمن شكل مميّز من أشكال المعرفة البشرية، لا شيء يحلّ مكانه، أمّا فائدته فكما يؤكّد لنا أرسطو لا تقلّ عن فائدة البرهنة والتبيان. هذه المعرفة تنجم عن البحث، وليس عن التصوّر البحت.

فائدة بالطبع ولكن أيضاً خطر. إنّ الرغبة في تجميع أكبر عدد ممكن من المشاهدات يدلّنا على أنّها غالباً سطحية وغير كاملة. قد نقوم في حالة كهذه بتقريبات مخطئة تؤدّي إلى سلاسل غير متجانسة. وهناك أخيراً تناقض، وتناقض جوهري، بين الرغبة في أن نعرف الكثير والرغبة في أن نعرف جيّداً. إنّ عبارات أرسطو حول هذا الموضوع في «الميتافيزياء» هي قيّمة للغاية. «الذاكرة هي التي تشكّل الخبرة في ذهن الإنسان. لأنّ ذكرى الشيء نفسه تؤلّف، عبر تكاثرها في كلّ حالة، الخبرة في كلّ طاقتها؛ ومستوى الخبرة يقارب مستوى العلم والفن، اللذين تشبهما كثيراً». هنا يمكننا ترجمة الخبرة بأولى ملاحظات باشلار Bachelard.

الفرق الأساسي، الجوهري، مع الحركة والكلام، هو أنّه بالإمكان نقل الوصفة عن طريق الكتابة، وهكذا هي تسمح بولادة أدب تقني يغطّي بعض نواحي الحياة المادّية.

من ميادين الوصفة الأساسية الطبيعة، الطبيعة الخام وليس المتحوّلة. ونجدها عند فيتروفيوس Vitruve كما عند بليني Pline القديم. الزراعة هي أحد القطاعات الأمينة، الأكثر أمانة للوصفة، ويمكننا القول، دون إحتمال خطأ كبير، أنّه حتّى فجر القرن العشرين، كانت الزراعة تقنية تعتمد بصورة أساسية على الوصفات. لسنا بحاجة لتعداد الأمثلة، فهي حاضرة في جميع الأذهان. ويمكننا منذ الآن التمييز بين الوصفات المتعلّقة بالطقس، بالوقت، أو بالمظهر، وهي تُترجم بصياغة بسيطة: الفعل التقني كذا يجب تنفيذه في فترة معيّنة، إذا كانت المادّة المطلوب شغلها تحت المظهر كذا تكون جيّدة أو رديئة. لنأخذ من الحالة الأولى مثلاً عن فيتروفيوس؛ من أجل أخشاب هياكل البناء يجب قطع الأشجار في الخريف بعد فصدها لإخراج النسغ منها، الأحجار الطرية يجب استخراجها من المقلع صيفاً.

اختيار المادّة هو أيضاً إحدى النواحي الأساسية للوصفة وهكذا بالنسبة لعدد كبير من التقنيات: الخشب بالطبع، ولكن أيضاً الركاز المعدني في الصناعة الحديدية، الطين في الصناعة الخزفية، الحجر في البناء. في دراسته حول الحدادة، في القرن السابع عشر، كان ماتوران جوس Mathurin Jousse يفكّر بنفس الطريقة بالنسبة لاختيار المعدن في مختلف استعمالاته. ومنذ ذلك الحين أصبح الحكم على الحديد يقوم من خلال مكسره. إنّها بداية تقليد قديم أدّى، عبر ريومور Re paumur، إلى دراسة المعادن (المعدغرافيا). في كتابه حول فنّ الحدادة (1762)، يستعيد دوهاميل دومونسو Duhamel du Monceau نفس التعليمات، مفصّلاً إيّاها بعض الشيء. «نتعرّف أكثر إلى نوعية الحديد بتفحّصنا حصوته: لهذا يجب شقّه» تحت ضربات الإسفين. هكذا نتوصّل إلى تمييز مختلف أنواع الحديد وإعتماد طريقة الاستعمال التي تلائم كلاً منها.

إذا كان مكان الكسر يلمع، إذا بدا مكوّناً من قذايا كبيرة مثل قطع التلك، يتأكّد لنا أنّ هذا النوع من الحديد هو حادّ، أنّه يصبح قاسياً تحت المبرد وصعب المعالجة تحت المطرقة، على الحار كما على البارد؛ أنّه سيصبح طرياً عند التسخين وأنّه سيكون سهل الاحتراق؛ حتّى أنّه بعض الأحيان، بدلاً من أن ينعم بالمطرقة، يصبح حاداً أكثر. هذا الحديد هو إذن رديء لكلّ أنواع الشغل؛ فقط، بحكم صلابته، يمكن إستعماله قطعاً كبيرة في الظروف التي يتعرض فيها لعمليات احتكاك.

الوصفات المتعلّقة بالطقس والوقت، ووصفات النوعية ربّما كانت هي الأكثر عدداً؛ ولكن هناك أيضاً عدداً لا يُستهان به من وصفات الأمزجة. الأمر هو عبارة عن معرفة نسب مختلف العناصر التي تدخل في تكوين مادّة معيّنة. وقد تكون الوصفة معقّدة عند ما تدخل من جهة أخرى نوعيّة العناصر المختلفة.

لنأخذ السهل من الأمثلة. إنّ نسب القصدير في صناعة البرونز تختلف حسب الإستعمال الذي نبغيه. في كتابه حول الناريات (1540) يقول بيرنغوكشيو أنّه كان يلزم من 23 إلى 26% قصدير من أجل برونز الجرس، ومن 8 إلى 12% من أجل برونز المدفعية. لا شكّ في أنّ هذه النسب تطوّرات مع العصور. كما أنّ الوصفة لا تستبعد تدخّل الموضة. هكذا كان بالنسبة للمسحوق المتفجّر:

	كبريت	ملح البارود	فحم
1380	1	1	1
1410	3	2	2
1480	8	3	3

ولا يستبعد أنّ يكون هذا التطوّر مرافقاً لتطوّر في المواد، لا سيّما تحضير ملح البارود. بنفس الروح يقدّم لنا فيتروفيوس وصفة صناعة الأجران: حصّة من الكلس مقابل ثلاث من رمل المقلع؛ حصّة من الكلس مقابل حصّتين من الرمل البحري أو النهري.

هذا النوع من الوصفات لا نصل إليه بالطبع عبر مجرّد التجريبية. إنّ ما لزم لم يكن فقط مجرّد التجربة، حسب وجهة نظر أرسطو، بل إختبار فعلي وحقيقي: نستدلّ على ذلك من خلال كلّ الدراسات المتعلّقة بالنار والتي قدّمها لنا النصف الثاني من فترة القرون الوسطى. طبيعة الوصفة نلمسها جيّداً لدى ليوناردو دافينشي: تجمّع من المشاهدات، كي لا نعيد عبارة التجربة الملتبسة، ولكن أيضاً سلسلة من التجارب، الموجّهة بمنطقية. لا شكّ في أنّ التقني الفلورنسي الشهير كان يبحث عن تفسيرات ذات طبيعة علمية وبسبب إخفاقه في العثور عليها قدّم وصفات كانت هي السبيل الوحيد الباقي. وسنأخذ مثلين اثنين:

الأوّل ينجم ولا شكّ عن تراكم من المشاهدات: «عندما يكون صدع الجدار في الأعلى أعرض منه في الأسفل، فهذا دليل واضح أنّ سبب التصدّع يكمن خارج الخطّ المتعامد مع الصدع».

المثل الثاني هو بالطبع أكثر تعقيداً وتجدر مقاربته مع نصوص أخرى:

لدي منزل على ضفّة النهر؛ يحمل الماء التراب من أساساته ويستعدّ لجعله ينهار؛ ولكن أريد من النهر أن يردم من جديد التجويف الذي حفره، وأن يثبّت أركان منزلي. في هذا الظرف نعود إلى القضية (الرابعة) من (الكتاب) الثاني حيث يظهر أنّ: دفع كلّ متحرك يتابع حسب خطّه الأساسي؛ لهذا سنقيم سدّاً عند النقطة المنحرفة n m، ولكن يُستحسن أن نأخذه في مكان أعلى عند op، كي تتمكّن كلّ المواد التي إلى جهتك من أن تنطرح في التقعّر حيث يوجد منزلك؛ وأن تقوم عندئذ مواد الحدب k بنفس العملية، ممّا يؤدّي باللازم لهذا الشتاء. ولكن إذا كان النهر كبيراً وقوياً، نقيم السدّ المذكور على ثلاثة أو أربعة أجزاء؛ الأوّل، في الإتّجاه الذي منه تأتي المياه، يجب أن يحدث بروزاً يتجاوز الضفّة، حتّى الربع من عرض النهر؛ ثمّ تقيم سدّاً آخر تحت الأوّل على نفس مسافة قمة القفزة التي يقفزها الماء عند وقوعه من السدّ الأوّل، لأنّه عند هذه القفزة، يترك الماء أعلى الربوة التي تؤلّفها طبقة الرمل والحصى المحفورة بسبب وقوعه الأوّل من السدّ إلى المجرى. هذا الرصيف الثاني يمتدّ في منتصف الطريق بعرض النهر. أمّا الرصيف الثالث فيجب أن يتبع في مكان أسفل، منطلقاً من نفس الضفّة، وعلى مسافة تبعد عن الرصيف الثاني تعادل ما يبعده هذا الأخير عن الرصيف الأوّل؛ ويمتدّ حتّى ثلاثة أرباع عرض النهر. وهكذا تعمد بالنسبة للرصيف الرابع، الذي سيغلق عرض النهر. عن هذه الأرصفة أو السدود الأربعة سوف تنتج قوة أكبر ممّا لو كانت هذه المادة قد شكّلت سدّاً وحيداً، متّسق السماكة ومغلقاً كامل عرض مجرى النهر. وهذا

يتطابق مع (القضية) الخامسة من (الكتاب) الثاني حيث يظهر أنّ مادةّ دعم وحيد، يبلغ طوله أربعة أضعاف، يتحمّل ربع ما كان يتحمّل سابقاً، ولكن أقلّ بكثير.

هناك الكثير من النصوص التي تستحقّ الذكر، والتفسيرات هي ملتبسة بعض الشيء. في بحثه الكبير في الهيدروليكا، الذي لم ير النور أبداً، كان ليوناردو قد وضع عدداً من القضايا العامّة، ولكن لا يجب أن نغالي: فهي لم تتضمّن أيّ برهنة أو إثبات. هذه القضايا كانت منبثقة عن مشاهدات قام بها ليوناردو، بواسطة نماذج صغيرة، من الخشب، تتضمّن أقساماً زجاجية من أجل فهم أفضل لما كان يحصل في مجرى ماء يحمل جزئيات الرمل، أو يصطدم بحاجز معيّن. هذه القضايا هي التي تُستخدم كوصفات.

الشرح والرسم

من الصعب وصف أداة أو آلة ما؛ ومن الصعب أكثر وصف عملية تقنية. لهذا سرعان ما كان الشرح مرفقاً بتابعه اللازم، الرسم. لنستمع أيضاً إلى إفتتاحية «الانسيكلوبيديا»:

ولكن قلةّ العادة في كتابه وقراءة النصوص حول الفنون تزيد من صعوبة تفسير الأمور بصورة واضحة. من هنا نشأت الحاجة إلى الصور. يمكننا أن نثبت عبر ألف مثل أنّ أيّ وأبسط قاموس تعريفات، مهما كانت طريقة وضعه جيدة، لا يمكنه أن يستغني عن الصور، دون أن يقع في الشروحات الغامضة أو الملتبسة؛ كم كان إذن هذا العون ضرورياً بالنسبة لموسوعتنا؟ إنّ نظرة واحدة إلى الغرض أو إلى رسمه تغني عن صفحة كاملة من الكلام.

في هذه الحالة، يصبح الشرح مجرّد تعليق على الرسم الذي يقدّم المعلومات اللازمة.

والشرح هو كلام، المشكلة هي إذن في معرفة ترتيب هذا الكلام. لقد قام دالامبير d'Alembert بتحديد الطريقة:

هذه هي الطريقة التي اتبعناها من أجل كلّ فنّ. لقد عالجنا:

1) المادةّ، الأماكن حيث توجد، طريقة تحضيرها، خصائصها الحسنة والسيئة، أنواعها المختلفة، العمليات التي تمر عبرها، إمّا قبل استعمالها، إمّا أثناءه.

2) مختلف الأعمال التي تصنع منها، وطريقة صنعها.

3) لقد أعطينا الاسم، الشرح وصورة الأدوات والآلات، قطعاً منفصلة وقطعاً مجمّعة؛ مقاطع القوالب وأدوات أخرى تجدر معرفة داخلها، ومظاهرها، الخ.

4) لقد شرحنا وصوّرنا العمل اليدوي والعمليات الأساسية في لوحة أو عدّة لوحات نرى فيها أحياناً يدي الفنّان وحيدة، وأحياناً الفنّان بكامله في طور العمل على أهمّ إنجاز من فنّة.

5) قمنا بجمع وتحديد، بأكثر ما يمكن من الدقّة، العبارات الخاصّة بكلّ فنّ.

إنّ تقنية الكلام عن التقنية لم يتمّ تحديدها أكثر من هذا. في الواقع، حاول الموسوعيون أن يترجموا الحركة، ما لم يكن سهلاً، والكلام، وهذا أبسط بكثير، وأن يستعيدوا الوصفات على نطاق واسع.

تعود أولى الشروحات التي وصلت إلينا إلى آلات الحرب لدى الميكانيكيين الإسكندرانيين، وهي بشكل عام مختصرة ومرفقة دائماً برسوم. سنعود لاحقاً إلى الرسوم. في كلّ أعمال القرون الوسطى، من فيلار دو أونكور Villard de Honnecourt وغي دو فيجيفانو Guy de Vigevano إلى «مهندسي عصر النهضة» وليوناردو دافنشي الشرح هو أكثر من مختصر، وقد أصبح الرسم أساس المعرفة التقنية. الشيء نفسه بالنسبة «لمسارح الآلات» التي ازدهرت من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر.

وبالطبع، انطلاقاً من هذا القرن السادس عشر نفسه، صدر عدد كبير من الدراسات التقنية التي تغطّي تقريباً كامل العالم التقني. كذلك كانت تربط ما بين الشرح والصور وكلّها تركّز على صعوبة الطرح.

نعرف أنّه عند نهاية القرن الثامن عشر، بناء على رغبة من كولبير، فكّرت أكاديمية العلوم بوضع جدول كامل «بالفنون الميكانيكية». وقد كتب ك. سلومون - بابيه Cl. Salomon - Bayet أنّ «تحرير دراسة حول آلة هيدرولية معيّنة هو شيء، وشيء آخر هو المطمح الذي يحتوي في دراسة واحدة مجمل الفنون ويسعى إلى تمثيلها ليس من خلال عملية تجميع بل وفقاً لعملية استنتاج». إهتمام «منهجي» يزيد إلى التمييز الذي قام به بويو Buot، سنة 1675، بين الميكانيك العام والفنون الميكانيكية الخاصّة، تصنيف فصول يتعلّق كلّ منها بمادّة معيّنة، غالبة، وفي داخله طبقية نرى عبرها كلّ حرفة كشرط لحرفة أخرى؛ من جهة أخرى تضاف إلى هذه العلاقة، دونما تبرير، علاقة عقلانية جدّاً تذهب من الأبسط إلى الأكثر تعقيداً. بإختصار، يقدّم لنا بيلتي Billettes دراسة مزدوجة المدخل منطقية وتصنيفية. من جهة نظام تسلسل لا يمكن ضمنه «لأيّ حرفة أن تمارَس دون أدوات»، وأوّل فنّ يوصف هو الذي يؤدّي إلى كلّ الفنون الأخرى، وبحدّ ذاته إلى وسائل «صنع كلّ ما نريد»: منجم الحديد، الأفران، الحديد الصبّ، صناعة الحديد والفولاذ؛ ومن جهة أخرى يقدّم توزيعاً تحت أربعة عناوين (الحيوانات، المعادن، الأحجار، النباتات) تغطّي بسهولة 100 أو 120 حرفة. إذن ليس الأمر عبارة عن تجميع من الشروحات. لو كانت «أكاديمية الفنون» ولدت، منبثقة عن أكاديمية العلوم، لحصلنا ربّما على قاموس «معقلن» للتقنيات، إلى جانب قاموس توماس كورناي Thomas Corneille وقاموس جاك سافاري دي برولون Jacques

Savary des Brulons. في الواقع، إنّ «وصف الفنون والمهن» الذي بدأته أكاديمية العلوم نحو سنة 1693 والذبي ظهر أوّل مجلّد له، بعد جهود ريومور Réaumur ودوهاميل دومونسو، سنة 1761، لن يكون سوى عبارة عن تجميع من الوصفات والشروحات.

لقد كان لدى ديدروه ودالامبير أفكار متشابهة كثيرا. خارج المقالة الإفتتاحية في موسوعتهما، أكثر ما نجد العبارات الكاشفة ففي باب «الفنون» الذي ندين به دون شك لديدروه، وفيه قال أنّه يجب النظر إلى الفنون ضمن تاريخها، ومن حيث علاقتها مع علوم الطبيعة: «هكذا فإنّ الحواجز التي سيكون علينا إجتيازها تظهر ضمن ترتيب طبيعي تماماً والتفسير التركيبي لخطوات «الفنّ» المتتابعة يسهّل الفهم من قبل أكثر الأذهان عادية ويضع الفنّان على الطريق التي يتعيّن عليه إتّباعها كي يقترب أكثر من درجة الإتقان». ويضيف: «أمّا بالنسبة للترتيب الذي ينبغي ضمنه وضع دراسة كهذه فباعتقادي أنّ أفضل الأمور هو بربط «الفنون» مع إنتاجات الطبيعة». والنتيجة بديهية تجاه حجم القضية: «إنّ دراسة في الفنون، كما أتصوّرها، ليست إذن عمل إنسان عادي».

إنّ محاولتي وضع مقالة تقنية من النوع الوصفي، ولكن تربطان أيضاً ما بين كلّ العمليات التقنية، وتسعيان عبر الوصفات لإعطاء رؤية تركيبية للتقنيات، قد فشلتا كلتاهما. وموسوعة «الإنسيكلوبيديا» في قسمها التقني، هي أيضاً تجميع للوصفات: أيمكن للأمر أن يكون غير ذلك في قاموس، حتّى وإن كان معقلناً؟ إنّ «قاموس الفنون والمهن العالمي المعقلن» للقس جوبير Jaubert، الذي صدر لأوّل مرّة سنة 1773، يعبّر في مقدّمته عن الإنطباعات نفسها. وسوف نعود، في النصف الأوّل من القرن التاسع عشر، إلى نفس التراكمات للتقنيات: أفضل مثل نقدّمه، وقد لاقى نجاحاً كبيراً، هو «دلائل» روريه Roret، التي إمتدّت طبعاتها المتلاحقة على مدى القرن.

في هذا المجال، ورغم كلّ ما قاله بعض المتأثّرين بالوضع الراهن، لا يمكن للمقالة التقنية أن تكون مقالة علمية، كما يجب أيضاً التفاهم حول هذه العبارة الأخيرة. لا علاقة بين نوعي المعرفة هذين إلاّ من حيث إنّ التقنية أصبحت علمية، وفي أيّامنا هي ليست كذلك سوى في بعض الميادين، وغالباً من نواح هامشية. بعبارة أخرى، وحده الوصف، مهما كان غامضاً وملتبساً، هو شكل المعرفة الوحيد. من أجل تركيب جهاز تلفزيون هناك من جهة النظرية العلمية، التي من دونها ما تمكّنا بالطبع من الوصول لهذا الهدف، ولكن من جهة أخرى، ودون أن نعرف بالضبط ماذا يعني صمام كهربائي ثنائي أو ثلاثي، هناك الشرح ورسوم عملية التركيب. لقيادة السيارة، لسنا بحاجة لمعرفة دورة الفترات الأربع. إذن يوجد سلسلة من المستويات، في أيّامنا هذه، في التقنية: عملية الوضع، التي تستدعي معلومات

علمية معمّقة أحياناً، وعملية الصنع التي تخلّت عن معظم هذه المعلومات، والاستعمال وهو حركة تقنية لا تحتاجها البتّة.

الآن نفهم أكثر أهمّية الرسم، هذا الرسم الذي استخدمه التقني، منذ البدء تقريباً، دون أيّ نوع من التفسير. والرسم هو أيضاً وبشكل خاص، عبارة عن وصف مع غايته المزدوجة، رسم الأداة أو الآلة، ورسم الغرض المطلوب صنعه. وتجدر الإشارة إلى أنّ أيّ شيء لم يكتب حول الرسم التقني، حول طرق تصوير وتمثيل معرفة تقنية، فالرسم في هذا المجال هو بالفعل عبارة عن معرفة.

أولى الدراسات التي حصلنا عليها هي دراسات الميكانيكيين الإغريق من الفترة الهلّينية، حتّى فيتروفيوس؛ ونعرف تماماً أنّها كانت مصوّرة. لكن المخطوطات التي نملكها لا تعود إلى ما قبل القرن العاشر، دون أن نعرف ما إذا كانت الصور التي تتضمّنها نسخات أمينة عن الأصول. بالنسبة للقرون الوسطى، لدينا لحسن الحظ كرّاسات المهندسين والمعماريين: فيلار دو أونكور (نحو 1270)، غي دو فيجيفانو (نحو 1320)، عدا عن بعض الرسوم المنفردة مثل رسم رقّاص ساعة(بهدول) دوندي Dondi (منتصف القرن الرابع عشر).

ليس هناك بالطبع في هذه الرسوم ما يمكن أن يجعل منها ركيزة فعلية للمعرفة التقنية: لا يوجد رسم منظوري ولا تصوير على مستويين. من جهة أخرى نرى دائماً الرسم كلّياً شاملاً، غير مجزّأ إلى قطعه. كلّ عنصر، مهما كان وضعه، يُمثَّل دوماً في الوضع الذي نميّزه فيه بأفضل ما يمكن، أي أنّ العجلة دوماً بواسطة دائرة. كلّ هذا لدرجة تصبح معها التأويلات صعبة. إلا أنّنا نشير أنّه كان هناك بعض الرسّامين على شيء من البراعة.

إنطلاقاً من بداية القرن الخامس عشر أخذت تقنيات الرسم بالتحسّن. وقد بقيت بعض المبادىء الأساسية، مثل الرسم الشامل. إلاّ أنّ ليوناردو دافنشي، ولو أنّه تابع هذا التقليد من حيث إهتمامه بأواليات بدائية، فهو قدّم لنا بعض الرسوم التفصيلية: هكذا مثلاً بالنسبة لرسوم المسنّنات. ولكن من جهة أخرى الرسم المنظوري، الذي يساعد بالضبط الرسم الشامل كي يصبح مفهوماً، أخذ يفرض نفسه. ونشعر بالتحوّل عبر كرّاسات المهندسين الألمان من النصف الأوّل من القرن الخامس عشر؛ كما أن كلّ شيء اكتسب في كرّاسات المهندسين الطليان من النصف الثاني من القرن.

منذ عهد فرنشسكو دي جيورجيو دي مارتيني F. di Giorgio di Martini كنّا قد وصلنا تقريباً إلى درجة الإتقان. من عربة ذلك التقني السيانّي (من سيان Sienne) إلى رسم لآلة صقل الأحجار الكريمة نجهل هوية صاحبه، كان التطوّر بطيئاً: وقد انتهى إلى نهاية جيّدة. حتّى أنّنا بدأنا نجد رسوماً، ليست منظورية، بل تبعاً لمستوى معيّن، مثل مخطّطات

الواجهات: من واجهات الكاتدرائيات كما في ريمس Reims أو في كليرمون Clermont، إلى واجهة مرفاع في كتيّب نجهل كذلك اسم صاحبه المهندس الألماني.

إنّ رسوم ليوناردو دافنشي تنتمي كلّياً إلى هذا الطور. إلى جانب المخطّطات الإجمالية السريعة، وهي عبارة عن رسوم ملاحظة كما رسوم أفكار جديدة، إلى جانب الرسوم حيث يبدو الفنان يغلب على التقني، إلى جانب الرسوم الملتبسة حيث يبدو المبتكر كأنّه يبحث عن حلّ بياني لمسألة استعصت عليه، مثل نول النسيج الآلي، غير المفهوم رغم بعض التفسيرات التي تتضمّن درجة من المخاطر، نجد رسوماً تنتمي تماماً إلى خطّ رسوم فرنشسكودي جيورجيو.

ما زلنا دائماً في نفس التقليد مع «مسارح الآلات» وهي عبارة عن كتيبات تتضمّن لوحات مرفقة بنصوص قصيرة جدّاً وغير دقيقة تماماً معظم الأحيان. لقد ظهرت نحو النصف الثاني من القرن السادس عشر وعرفت نجاحاً تدريجياً حتّى منتصف القرن الثامن عشر. تتحوّل المعرفة التقنية إلى صورة، منقوشة، مقدّمة عبر الرسم المنظوري، صعبة التصحيح أحياناً. وهذا واقع كلّ الدراسات التقنية تقريباً في ذلك العصر.

لكنّنا نشير إلى التيارات الجديدة، وأهمّها وأسرعها زوالاً يوجد لدى ليوناردو دافنشي. فدراساته للرجال أثناء العمل تحاول أن تبني أفضل الأوضاع بالنسبة لإنجاز معيّن: الجرّاف، الرجال الذين يتناقلون مواد البناء في ورشة العمل، صور تعبّر عن حركات وملفتة بالنسبة لذاك الوقت ولكن، مرّة أخرى، معزولة.

أمّا مع أغريكولا Agricola وكتابه «دي ري ميتالكيا De re metallica» نلتقي بالعكس مع نوع من الرسم امتدّ من منتصف القرن السادس عشر حتّى نهاية القرن الثامن عشر. في الواقع الصور التي تمثّل الآلات لا تتضمّن فقط الآلة بكليتها، كما كانت تصوّر منذ القرن الخامس عشر، ولكن أيضاً القطع الرئيسية كلاً على حدة. وهذه هي الطريقة التي إعتمدها كتاب «الوصف» لأكاديمية العلوم وأيضاً موسوعة «الانسيكلوبيديا» لديدروه ودالامبير. لنذكر، مرّة أخرى أيضاً، المقالة الإفتتاحية من هذه الموسوعة:

لقد أرسلنا الرسّامين إلى المحارف. وأخذنا المخطّط الإجمالي للآلات والأدوات: لم نحذف شيئاً ممّا قد يظهرها بوضوح للناظرين. في الحالة حيث تستدعي الآلة تفاصيل أكثر من حيث أهمّية إستعمالها ومضاعفة أجزائها، عبرنا من البسيط إلى المركّب. في صورة أولى بدأنا بجمع عدد من العناصر قدر ما إستطعنا ملاحظته دون التباس. في صورة ثانية، نرى نفس العناصر مع عناصر أخرى. وهكذا قمنا على التوالي بتشكيل الآلة الأكثر تعقيداً، دون أي إزعاج للنظر أو للذهن.

أحياناً يجب الصعود من معرفة الإنجاز إلى معرفة الآلة وأحياناً أخرى النزول من معرفة الآلة إلى معرفة الإنجاز.

من المفروض أن يكون الأمر كذلك بالنسبة للعمليات التقنية، ولكن هنا كان يجب الإقتصار عند حدّ معيّن.

إذا أردنا أن نتناول فناً واحداً ونصوّر كلّ شيء ونقول كلّ شيء نحتاج عندها إلى مجلّدات من الكلام واللوحات. لن ننتهي أبداً، على سبيل المثال، إن نحن أردنا تصوير كلّ الحالات التي تمرّ بها قطعة الحديد قبل أن تتحول إلى إبرة. إنّ الكلام يتبع أسلوب الفنان في تفصيله الأخير، في اللحظة المناسبة. أمّا بالنسبة للصور فقد جعلناها تقتصر على حركات العملية سهلة الرسم وصعبة التفسير. لقد إهتممنا بالظروف الأساسية، بالعمليات التي يؤدّي تمثيلها، عندما يتمّ بطريقة جيدة، إلى معرفة العمليات الأخرى غير المصوّرة.

إذن كلّ شيء واضح بالنسبة للنوايا. ولكن يجب أن نشير إلى أنّ النتائج لم تكن دائماً بمستوى النوايا. معظم الأحيان لا تقدّم لنا رؤية الصور في الحقيقة، ونفكّر مثلاً بصور باب «الحدادة»، سوى معرفة سطحية جدّاً لمختلف العمليات التقنية. مثلاً لم يكن تصوير عملية تكرير الصبّ أهلاً للعرض. نحن هنا على حدود نظام عرض المعلومات.

بعد ذلك أشبعت هذه التقنية في عرض التقنيات، بالرغم من أنّها دامت تقريباً حتّى نهاية القرن التاسع عشر. يكفي النظر إلى صور ل. فيغييه L. Figuier، في عهد الإمبراطورية الثانية، وهو أحد أهم معمّمي التقنيات الحديثة آنذاك. من هذا كلّه نشأ تصوير أعمال الكاتب جول فيرن Jules Verne.

ما يسمّى بالرسم «الصناعي» ولد من علم الهندسة الوصفية، ومن الهندسة المرقّمة، أي خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. ولكن لا يجب أن نسيء الفهم. إنّ هذا الرسم الصناعي هو رسم تنفيذ وليس رسم فهم، أي رسم معرفة بالمعنى الأوسع للكلمة. في مجال المعرفة التقنية نجد دوماً أسبقية للمهارة على معرفة الكيفية. بين رسم الأداة والآلة من جهة، ورسم الغرض المطلوب صنعه من جهة أخرى، يبقى حيّز من الحركة والكلام يصعب وصفه.

إن ما تلزمنا معرفته، لأنّ فيه تكمن المعرفة التقنية الحقّة، هو كيف تمّ الحصول على الرسم وترقيمه. الفرق الأساسي بين المعرفة العلمية والمعرفة التقنية هو أنّ الأولى تقبل القسمة، بعكس ما هي عليه الثانية. الرسم هو ركيزة المعرفة المستعملة ولكنّه ليس المعرفة نفسها. عندما تشكّلت أولى جمعيات التأهيل المهني للكبار في فرنسا، ولكن في هذا كانت تتبع مؤسّسات تعود إلى القرن الثامن عشر، كانت المادتان الأساسيتان الحساب والرسم حيث الأوّل قلّما كان يُستخدم إلاّ من أجل فهم الثاني.

النموذج المصغّر

ومن الطبيعي أن نمرّ إلى النموذج المصغّر. إذا كان من الممكن تحديد موقعه في هذا المسار البطيء للمعرفة التقنية، إلاّ أنّه ليس بمعزل عن بعض الملابسات. في الواقع، في ما كنّا نقوله أعلاه، يحلّ النموذج مكان الرسم والتفسير، المرتبط به حتماً، ومكان كتابة المقالة. ونعود ليس إلى الحركة، من حيث ارتباط النموذج بالآلة، بل إلى الكلام. نحن هنا في الجهة المقابلة للرسم التقني، لأنّ النموذج يسعى نحو التفهيم وليس نحو التحقيق.

إنّ مفهوم النموذج، كأداة للبرهنة والعرض، هو قديم دون شكّ. ويبدو لنا جيّداً استعماله من قبل بعض الميكانيكيين الإغريق وفي الوقت نفسه من أجل تعليم مباشر، وكوسيلة لشرح يصعب القيام به.

النموذج هو متناقض تماماً مع تقنية تريد أن تكون علمية، فالمفروض به أن يظهر كيف «تسير» العملية، مقتصراً على اعتبارات ذات طبيعة مادية بحتة. الصورة لم تكن تقدّم سوى «إظهار» بالمعنى النظري فقط، إظهار جامد. هنا نجد أنفسنا بصدد إظهار ديناميكي، وبدلاً من عدد كبير من اللوحات التي كان يجب نقشها، عدد غير محدود، نعتمد بعد رؤيتها أوالية «حيّة» بإمكاننا تكرار تشغيلها قدر ما نريد إلى أنّ نصل درجة الفهم والاستيعاب. عدا عن هذا نعرف أنّه من الغرض المحرّك إلى دراسة الأشكال المتحرّكة، من الأوتومات إلى الإنسان الاصطناعي، كانت العلاقات ثابتة.

حول مصادر النموذج نضطر حتماً للاقتصار على مجرّد افتراضات. قد يكون هناك من جهة الأوتومات، مع أسراره وقدرته على الإدهاش ولفت النظر وإثارة الفضول. ومن جهة أخرى هناك «المجسّم» (الماكيت)، المجسّمات التي وجدت حسب ما نرى منذ وقت طويل، من أجل رؤية مشروع بنائي معيّن، والتي تكاثرت منذ القرن السادس عشر، كما يشير بالاديو Palladio. النموذج هو العبور إلى البعد الثالث الذي بدونه تبقى أشياء كثيرة بعيدة عن الفهم.

لا شكّ في أنّ البرهنة عبر النماذج استعملت من جانب التقنيين قبل الفيزيائيين: نفكّر بكلّ حجرات الفيزياء التي بواسطتها كان يُرمى إلى فهم ظواهر نعجز غالباً عن فهمها بطريقة علمية. إنّ «حجرة» البرهنة التقنية لها ذات المدلول. هنا أيضاً قد يوجد تاريخ بحاله ينتظر من يقوم به، ومصادره تعود إلى فترة بعيدة، وإن كنّا نجهل هذه المصادر. إنّ بعض النصوص تشير إلى تاريخ فكرة النموذج، أو ما نسمّيه بالنموذج المصغّر.

يبدو أنّه لا يمكن إنكار استخدام علماء ميكانيك الإسكندرية الإغريق لهذه النماذج. عندما قام هارون الإسكندراني بوصف إحدى آلات القذف يبدو بوضوح أنّه كان ينظر إلى

نموذج عنها. كما أنّ بعض الأفكار والتأمّلات، التي سنعود إليها، تثبت علناً استعمال النماذج من أجل نقل المعرفة.

يجدر الذهاب أبعد من هنا من أجل إيجاد آثار أخرى. نشير مثلاً إلى مشروع ديكارت Descartes، الذي لا يتناسق دون شك بالضبط مع فكرة النموذج، وسوف نرى لماذا:

كانت نصائحه تسعى إلى أن تبني في المعهد الملكي وفي أماكن أخرى مخصّصة للجمهور عدة صالات كبيرة للحرفيين: لإعداد كلّ صالة لكلّ جهاز حرفة معينة؛ لإلحاق حجرة بكلّ صالة، تحتوي كلّ الأدوات الضرورية أو المفيدة للفنون التي نريد تعليمها؛ لتخصيص أموال كافية ليس فقط لمواجهة التكاليف التي تتطلّبها التجارب، ولكن أيضاً لتدريب الأساتذة والمعلّمين الذين يجب أن يبلغ عددهم عدد الفنون.

يمكننا إجراء ملاحظتين حول هذا النص. الأولى هي أنّ ديكارت على ما يبدو كان ينظر في مجموعة آلات من الحجم الطبيعي. إنّ أهمّية النموذج هي في الحدّ من المساحات المستعملة. النقطة الثانية هي أنّنا ما نزال بمعرض الحركة والكلام. والحركة محدودة بالطبع ضمن نطاق الآلات. ولكن نص ديكارت إيجازي ولا يبدو أنّه استبعد الحرف التي لا تستعمل فيها الأدوات.

لنقفز بعض العقود الزمنية. حول هذا الموضوع يُحتفظ بوثيقة مهمّة جدّاً، إنّها عبارة عن كاتالوغ بعنوان: «شرح نماذج الآلات والقوى المتحرّكة المعروضة في باريس، شارع لا آرب la Harpe، تجاه سان ـ كوسم Saint - Cosme»، وهو يعود إلى سنة 1683، وتزيّنه اثنتا عشر لوحة. إذن كان هناك رابط بين النموذج والرسم، كما سبق لنا أن حدّدناهما. كذلك نشير، ولكن مع بعض التحفّظ لأنّنا لم نتمكّن من إيجاد الوثائق، إلى معرض مماثل أقيم في نورمبرغ Nüremberg سنة 1569. أمّا مقدّمة الكاتالوغ الذي ذكرناه فتحدّد بوضوح الطريقة المعتمدة:

يجب اعتبار الآلات والقوى المحركة شيئاً جدّياً، ومهمّاً ومفيداً جداً للجمهور، من حيث المعلومات ومن حيث الناحية العملية والتطبيقية التي يمكن لكلّ واحد اكتسابها لتحسين نفسه خلال فترة قصيرة. إنّها طريق تبيانية تعلّم بواسطة التنقيب وحده وتحدّد عبر التجربة الحقيقية والفعلية [...] لقد عرض المؤلّفون القدماء والحديثون الكافي من الآلات الجميلة في كتاباتهم؛ لكنّ الأوائل تركوا لنا أفكارهم عبر رسوم دون أبعاد ونسب، والآخرين يخفون دائماً شيئاً من حقيقة تجاربهم، ولذا كان علينا تفسير الأوائل بشكل جيد، وتفحّص الآخرين بغية تلبية حاجة الجمهور في أبحاثه دون أن يخضع لصدفة المحاولات، وإعطاء مشاريعه نجاحاً أكيداً. بهذا الشأن تعرض

نماذج بستّ أقدام ارتفاع عن كلّ الآلات وكلّ الاختراعات [...] هذه النماذج مصنوعة من الخشب، من الحديد ومن النحاس في نسبها الحقيقية وتقوم بعملها كما لو كانت بعدها المناسب [...] كان تنوع العقليات لدى العامة يزعج الذين يقع على عاتقهم اختيار الآلات التي تعرض نماذجها. ولكن بما أنّ هذا المعرض يهدف إلى التطوّر وتعليم الأشخاص الذين ينوون تحسين أنفسهم بقدر ما يهدف إلى إرضاء وإثارة اهتمام الذين يتمتّعون بالذكاء والكفاءة بالنسبة لهذه المواد، فقد ارتأى من المناسب مزج الآلات الجديدة والمثيرة للانتباه والفضول مع الآلات المستعملة والمنتشرة كأمثلة تبيانية للآخرين!

هذا النصّ يستحقّ دون شكّ تعليقاً طويلاً، إذ يتعيّن وزن كلّ تعابيره وقياسها: تدريب المهنيين المحترفين، إعلام الجمهور العريض، الناحية التبيانية للنموذج، التشجيع على البحث، على التجديد. أمّا بالنسبة للبرنامج، فكان بالضبط كبرنامج مسارح الآلات: طواحين للطحن، لنشر الخشب، لصقل الأسلحة، للسحق، لدعك الأصواف.

ذكر أرثر بيرمبوه A. Birembault أنّ «تصوّرات باعثي معرض العام 1683 كانت تتميّز بتعميم تطبيق نماذج من أجل الآلات التي وصفتها منذ عصر النهضة دراسات مصوّرة عديدة، نشرت باسم الآلات. وقد أطلق مؤلّفوها العنان لمخيّلتهم، كي يجمعوا على الورق عناصر الآلات، دون الاهتمام بالتحقّق من عمل المجموعات المقدّمة، ولا بتقدير مدى أهمّيتها».

كان هناك واحد وعشرون نموذجاً عن الآلات، ولكن لا يجب التسرّع في الحكم. فقد نُفِّذ أحد عشر منها عن لوحات لبيسّون Besson، بوكلر Böckler، راميلي Ramelli، سالومون دو كوس Salomon de Caus وسترادا Strada. وكان اثنان منها عبارة عن تمثيل لقاذفات رومانية. أخيراً كانت ثمانية نماذج تجسّد اختراعات تعود إلى معاصرين.

الفكرة، التي لم تحقّق نجاحاً باهراً على ما يبدو ـ لم يتكلّم عنها أحد أو يكتب ذاك الحين ـ، لم تكن بالطبع جديدة كلّياً. أرنولد دو فيل Arnold de Ville، لدى تقديمه مشروع جرّ المياه إلى فرساي (آلة مارلي Marly)، قام بصنع نموذج مصغّر وضع على نهر السين، في طاحونة بالفور Palfour، عند سفح منحدر سان جرمان. بدأ العمل به في حزيران 1679 وقُدِّم أمام لويس الرابع عشر عند نهاية العام 1680. وهناك أمثلة أخرى عن هذه النماذج «بنصف الحجم». هكذا كان مثلاً بالنسبة لسلسلة من السفن الحربية قدّمت للملك على أقنية فرساي، في حين أنّ نماذج صغيرة أخرى نفّذت لنفس الغاية.

إنّ فكرة تجميع عدد معيّن من النماذج في معرض كان سبق لها أن طُرحت؛ ربّما نظر أيضاً بشأن جناح للنماذج في متحف اللوفر Louvre. في مشروعه للعرض العام، المتضمّن

في مكان واحد منصّات للمنوّعات المسرحية، صالات للّعب، ومنتزهات، أضاف لايبنز Leibniz، في أيلول 1675، مبنى من أجل «الاختراعات، المجسّمات، النماذج، الخ». قد يكون من الواجب تتّبع مسار النموذج خلال القرن الثامن عشر، موازاة مع حجرات الفيزياء. من الأوتومات إلى النموذج التقني، تلاشت المسافات؛ تقريباً هم الأشخاص أنفسهم الذين يصنعون كلا الأمرين.

كان لدى دوهاميل دو مونسو، تقني القرن الثامن عشر الكبير، مجموعته من النماذج، التي تشتّتت لسوء الحظ منذ فترة. كما أنّ ديدروه طلب صنع بعض النماذج من أجل فهم بعض الآلات المعقّدة بشكل خاص. وفي حين كان مربّي غارغنتوا Gargantua يأخذ تلميذه عند الحرفيين ليعطيه فكرة عن مختلف الحرف، طلبت مدام دو جنليس Madame de Genlis صنع نماذج عن بعض المحارف المصوّرة في لوحات موسوعة «الإنسيكلوبيديا»، من أجل تلامذتها الأميريين. كذلك نعرف أنّ فوكانسون Vaucanson جمع الآلات التي كان اخترعها ومجموعة كاملة من النماذج المصغّرة. إنّه يمثّل منتهى هذا التيار الأنموذجي، الذي قام في سبيل التبيان كما البحث، النشر كما التقدّم التقني. وهل يتعيّن التذكير بأنّه على نموذج مصغّر عن آلة نيوكومن Newcomen، يعود إلى مجموعات نماذج جامعة غلاسكو Glasgow، قد بدأ جيمس واط James Watt أبحاثه؟ كذلك عمل التقني السويدي الكبير كريستوفر بولهم Christopher Polhem على نماذج، محفوظة حالياً في المتحف التقني في ستوكهولم.

بعد حصوله على إرث فوكانسون، استمرّ الكونسرفاتوار الوطني للفنون والمهن في التقليد خلال قسم من القرن التاسع عشر، فقد بقي النموذج لبعض الوقت أداة تبيان بالنسبة للذين كانوا يريدوّن الانطلاق في مجال الصناعة: واليوم لم يعد أكثر من متحف للذكريات التقنية. عندما أراد فرانسوا دو وندل François de Wendel، سنة 1817، خوض ميدان الصناعة الآلية، طلب إعارته نموذج آلة البخار من جانب كونسرفاتوار الفنون والمهن. عندما قام بوردون Bourdon، نحو سنة 1838، بدراسة ما أصبح بعد ذلك المطرقة الآلية، عمل على نموذج صنعه بيديه.

أمّا وضع النماذج بغية دراسة ظواهر طبيعية مفيدة للتعرّف على بعض التقنيات فقد كان أدقّ، ولن نأخذ أكثر من مثلين اثنين. الأوّل يعود إلى ليوناردو دافنشي، وهو عبارة عن جهاز بسيط بالطبع ولكن يكفي لتمثيل ما كان يصعب أحياناً تمييزه في الطبيعة. لدينا رسم أقنية صغيرة من الخشب، مزوّدة أحياناً بزجاج شفّاف على الجوانب، معدّة لدراسة حركة المياه الجارية، انتقال الغرين، نتائج وجود حاجز قبل معرفة ما يجب عمله لضبط مستوى

النهر. كذلك قام بعض مختبرات غرنوبل Grenoble الصناعية بنفس العمل. كذلك أيضاً بالنسبة لما تحقّق مع مجسّمات هياكل السفن في العديد من «أحواض الغطس»، التي كانت موجودة تقريباً أينما كان منذ نهاية القرن التاسع عشر.

ومن الملفت للنظر أنّه فُهم بسرعة أنّ المرور من النموذج إلى الغرض نفسه كان يعاني من بعض الصعوبات. فلا قيمة لمعامل تكبير وحيد.

حتّى قبل العصر الميلادي، شعر كاليستراتوس Callistratos بالإخفاق بشأن قافلة أحجار كان يقودها إلى معبد إفيسوس Ephèse. ففي بادىء الأمر لم ينتبه إلى أنّ بعض الأمور تبدو جيّدة عندما نراها بالحجم الصغير وأنّها ليست قابلة أبداً للتنفيذ بالحجم الكبير؛ في حين أنّه بالعكس أيضاً هناك بعض الأشياء التي لا يمكن صنع نماذج عنها، بل تصنع على الفور متى دعت الحاجة إليها. ويبدو أنّ الإغريق استعملوا النموذج كبحث تقني وفهموا أنّ النموذج ليس بالضرورة التصغير على نفس المقياس لكلّ عناصر الآلة.

وقد تمّ توسيع المبدأ. يؤكّد غاليلي Galilée أنّه لا يمكن تكبير البعد الكلّي للجهاز الميكانيكي بشكل متسّق دون التغيير في نسبه. إنّ مشكلة المرور من المجسّم إلى الآلة الحقيقية، أي مشكلة حساب بعد القطع نسبة إلى بعد الجهاز الآلي بكليته، لا يمكن بأيّ شكل اختصارها بشروط مقاومة المواد، ففيها يدخل أيضاً اعتبار الاحتكاكات.

إلى هذا الأمر وعى تماماً مؤلّف كاتالوغ سنة 1683، الذي ذكرناه أعلاه. كان قد نُفّذ نموذج عن آلة لرفع الماء، آلة بميزان مصنوعة في الأرسنال Arsenal في باريس: توزّعت النسب 1/6 للدلاء، 1/4 للميزان، 1/3 للهيكل. وكما تُظهر النسب التي يجب إعطاؤها لأبعاد كلّ نموذج من أجل المرور إلى الآلة بالحجم الطبيعي، جرى فقط تصغير أربعة نماذج تبعاً لنسبة تشابه الوضع (homothétie). فمقيمو المعرض لم يكن لديهم، ولم يكونوا يستطيعون امتلاك الأفكار التي نألفها اليوم حول المحاكاة الهندسية للآلات.

تقنية علمية

في دراسة حديثة حول «بدايات التكنولوجيا»، التي سبق ذكرها، كان المؤلّفون يهدفون إلى تشكيل مقالة عن العمليات التقنية على طراز مقالة علمية. كان المقصود نضوج المقالة التجريبية وتحوّلها وفقاً لمقتضيات المقالة العلمية. في الواقع كان هذا الأمر يعني إقامة علاقة أوثق بين الفنون والعلوم.

كان هذا بالنتيجة يعود إلى مطابقة المعرفة التقنية والمعرفة العلمية، اللتين تقعان رغم هذا على مستويين، مختلفين جوهرياً. بمعرض حديثه عن مشاكل التقنية الاغريقية كان ج.

ب. ڤيرنان J. P. Vernant يعتبر أنّه من الممكن بالطبع وضع نظرية علمية، ولكن يصرّح بأنّها تتراجع إلى كونها تطبيقية. النظرية هي حتماً عقلانية، بينما التقنية، هي طبيعة، هي غير عقلانية. نحن نعتقد أنّ المسألة ليست مطروحة بشكل لائق، ومن الضروري إقامة مستويات معيّنة.

عند المستوى «الأدنى» لا يمكن أن يتمّ التقاء بين العلم والتقنية إلاّ في حالات خاصّة جدّاً. وقد قامت حركة كاملة من أجل تقديم التفسير العلمي لعدد معيّن من العمليات النموذجية. هناك العديد من الأشخاص، قبل وبعد ش. فريمون Ch . Frémont، الذين انكبّوا على هذا البحث المهمّ. والأمر مدهش بالنسبة للأدوات: عمل المطرقة، عمل المنشار، عمل اللولب، إلخ. أمّا نظرية بشأن صناعة قبقاب الخشب فهي مستحيلة ولا يمكن التفكير بها.

إذا نظرنا في الرأي المخالف لِ ج. ب. ڤيرنان يمكن القول إنّ النظرية، عندما يمكن أن توجد، تغيّر شكل الحقيقة. فهي تحدّ منها، مستبعدة عدداً من الظواهر التي، وإن كانت ضئيلة، فهي موجودة حتماً، كما أنّها تقتصر على عدد من العناصر القابلة للتفكّر علمياً: هكذا مثلاً الديناميكا الحرارية لدى كلاوزيوس Clausius. وسنعود لاحقاً إلى الأمر.

هناك أخيراً تقنيات لم تكن لترى النور دون وضع نظام علمي معيّن. هكذا مثلاً كلّ الصناعة الكيميائية، وكذلك كلّ الصناعة النووية. ولكن هنا أيضاً، من النظرية إلى التحقيق العملي يصعب غالباً اجتياز الطريق، كما سنرى لاحقاً.

ما يتعيّن علينا تناوله هو الفائدة التي يقدّمها العلم للتقنية، وحتّى الفكرة التي قد نكوّنها عن هذه الفائدة. بعبارة أخرى علينا تحديد حصة العلم البحت التي تدخل في تقنية ما. إنّ النظرية تبرز عدداً معيّناً من المبادىء، مفسّرة الظواهر التقنية: إنّها لا تحكمها، أو على الأقل لا تحكمها كلّياً. هذا الهامش يمثّل جيّداً الفارق بين المعرفة العلمية والمعرفة التقنية. وهذا لا يستبعد أن نلتقي لدى بعض الأشخاص هذين النوعين من الفضول، هاتين الحاجتين. من تاليس وأرخيتاس إلى هارون الإسكندراني، إلى ليوناردو دافنشي، إلى مونج Monge وآخرين على مرّ الزمان، نجد أولئك الأشخاص الذين أعاروا نفس القدر من الاهتمام لكلّ من مجالي المعرفة هذين. ولكن نسمح لأنفسنا بالافتراض أنّ التقني يسبق العالم. أمّا المسيرة المعكوسة فقلّما تحقّقت، ولا نجد سوى القليل من العلماء الذين أصبحوا فعلاً تقنيين. بعبارة أخرى إنّ امتلاك إحدى المعرفتين لا يعني بالضرورة امتلاك الأخرى. إذا كان هارون الإسكندراني، كما مؤسّسو مدرسة البوليتكنيك، قد اعتبر من المستحسن أن يمتلك التقني حدّاً أدنى من المعلومات العلمية، فإنّ المستوى بقي نسبياً متدنياً. ونلاحظ على مدى أكثر من مرّة رفض التقنيين لعلم يسيطر على التقنية. وهذا حتّى علماء الاقتصاد الذين بدأوا اليوم

يدركون الأمر ويكافحون ضدّ ترييض حكم عليه أنّه بعيد جدّاً عن الحقائق الملموسة.

إنّ اعتماد العلم من قبل التقنيين لطالما بقي ملتبساً، واستعمال العلم لا يعني رسمياً أنّ التقنية عندئذٍ تصبح علمية. يمكننا من هنا اجتياز عدد من الحواجز ولكن قليل كما سوف نرى. إنّها في الحقيقة رغبة التقني بأن يبدو كعالم: نوع من ردّ الاعتبار. وهناك لدى من اعتمد هذه الرؤية مسيرتان متوازيتان، مع بعض المواجهات المرحلية، وهذا لأنّ ارتباط كلّ بحث بالآخر كان دائماً صعباً، حتّى منتصف القرن التاسع عشر. يلزم للحقيقة اتّصال معيّن، أي نوع من العلم يمكن استخدامه وبالمقابل نوع من التقنية التي تقبل «جعلها علمية».

في «الجمهورية» يقول أفلاطون على لسان سقراط عدداً من الحقائق الأولى. في الواقع يستعرض سقراط وغلوكون Glaucon عدداً معيّناً من التقنيات متسائلين بم يستطيع العلم أن يفيد التقنية. وأخيراً يتوصّلان إلى استنتاج أنّ المستوى العلمي، أنّ مستوى العلم الذي يحتاجه التقني متدنٍّ للغاية: فقط قليل من الحساب وقليل من الهندسة.

كما كلّ من سبقه، كان فيتروفيوس Vitruve يميّز بين التطبيق والنظرية (Ratiocinatio)، أي العلم. «التطبيق هو خبرة استعمال مطوّلة ومستهلكة، نحاسل عليها باليدين، بمساعدة المادّة من أيّ نوع كانت، بهدف تصنيعها. أمّا النظرية فهي ما يمكن أن يبرهن ويفسّر، على إيقاع تدخّل العقل، الأشياء التي تنفّذ». هو أيضاً يعدّد العلوم الضرورية لمهندس البناء، ويستخلص أنّه وحده علم الهندسة «يقدّم العديد من الإعانات لمهندس البناء». أمّا الحساب فلا يُستخدم سوى للمقايسة ولحساب التكاليف.

يمكننا القول إنّه إلى القرن التاسع عشر، قدّمت الهندسة كأنّها العلم الوحيد الذي يستعمله التقنيون، سواء كانت بالفعل كذلك ـ لا سيّما في مجال البناء ـ أو كانت مفترضة.

يقدّم هارون الإسكندراني بالطبع نقطة أوج التقاء العلم مع التقنية، هذا الالتقاء الذي استعاده بابوس Pappus بعد قرون عدّة، دون أن يحمل إليه الجديد الكثير. التقاء وليس علاقة عميقة أو تداخل: باستثناء العجلات المسنّنة ومضاعفات القوى، المتعلّقة بنظرية الرافعات التي هي كما سنرى لاحقاً عبارة عن أوّل محاولة تنظير علمي لتنقية معيّنة، لا يلجأ التقني إلى العلم سوى للعدّ ولرسم الصور. هنا نلتقي تماماً بفيتروفيوس.

لقد أبرز ج. بوجوان G. Beaujouan، في دراستين تكمّل إحداهما الأخرى، العلاقات بين المعرفة العلمية والتطبيق التقني خلال القرون الوسطى. وقد تبعناه في أمثلته وفي نتائجه. بالطبع كانت القرون الوسطى، عبر الميراث المتنوّع الذي أغناها، تعرف العلم القديم، بما فيه أرخميدس. وكلّ الذين مارسوا هذا العلم، من الأكسفورديين إلى الاسمانيين الباريسيين،

بحثوا كذلك في مسألة تطويره تدريجياً. إذن جاءت علاقات جديدة تقوم بين نوعي المعرفة هذين، ومع هذا هي من نفس النوع. في الواقع، كما سنرى، يتعلّقون كثيراً بالقاعدة التي يحتاجونها وليس بكلّ البراهين المجرّدة. ما هو جدير بالاهتمام هو أنّ التقنيين، أو حتّى العلماء والتقنيين سوية، مستعيدين ذهنية هارون الإسكندراني، كانوا يسعون لخلق علم عملي. لنأخذ مثلاً ملموساً: إنّ علم الهندسة العملية، باللهجة المحلّية البيكاردية من القرن الثالث عشر، المحفوظ في باريس، في مكتبة القدّيسة جنفياف Sainte - Geneviève، يتعلّق كثيراً بتراث لاتيني كامل. ويذكر ج. بوجوان أنّ «هذه العلوم الهندسية العملية، باللهجة العامّة، تتعلّق بشكل عام بدراسات الحساب، بميراث علماء المساحة وغالباً أيضاً بتطبيق ذات الربع». ونختزل بتقديمنا بالتحديد القواعد المفيدة دون الغوص في تفاصيل البراهين جميعها.

إنّ كتاب جوردانوس نيموراريوس Jordanus Nemorarius «Liber de ratione, ponderis» الذي اختصر بسرعة إلى «De ponderibus» الذي وضعه نهاية القرن الثالث عشر، ربّما كان الكتاب المفضّل لدى «مهندسي» ذاك العصر، من حيث كانوا يجدون فيه الاهتمامات العلمية ممزوجة مع مسائل التقنية العملية. لقد كان المؤلّف معجباً جدّاً بإقليدس وأكبّ على برهنة نظريات ميكانيكية عبر أدلّة هندسية تنبثق عن بعض الفرضيات الظاهرة ذات الطبيعة الفيزيائية. نلتقي هنا بنفس المسيرة التي اعتمدت خلال العصر الإسكندراني. لقد كان الأوّل في الغرب الذي وضع نظرية السطوح المنحدرة، وقدّم قاعدة «موقع الثقل الثاني gravitas secundum situ» مدخّلاً فكرة العزم. وأخيراً طبّق نيموراريوس مبدأ التنقّلات الفرضية على توازن الرافعات المكوّعة. وبعبوره من علم السكون (الستاتيكا) إلى علم القوى (الديناميكا) وضع، في كتابه الرابع، سلسلة كاملة من القضايا (بعضها غير صحيح) التي نلمس فيها بما لا يقبل الجدل اهتماماً بعمل المهندس.

قلّما كان أهل القرون الوسطى يستوعبون القواعد العددية وطرق التفكير من النوع الإقليدي. الجعبة الهندسية لمعلّمي البناء تستغني في الوقت نفسه عن البرهنات وعن الحسابات؛ ويقتصر هذا النوع من الوصفات على بناء صور تدركها العين أكثر من الذهن. من هنا تأتي معرفة النسبة الذهبية وتطبيق بعض الزوايا المميّزة، مثل 36°، في بناء معشّر الزوايا (الديكاغون) ومخمّسها (البنتاغون). وقد أشار أ. سنيه A. Sené إلى الأمر بوضوح من خلال الزوايا القائمة التي احتفظنا بها من القرون الوسطى: «إنّنا نرى الزوايا القائمة الرومانية والتي تعود إلى أوّل العصر القوطي كزوايا قائمة مزيّفة، أي أنّه كان ينقصها وتر المثلّث، ما هو كلاسيكي تماماً، ولكن الأقدم بينها تتميّز بخاصّة ملفتة: يختلف عرض كلّ من الذراعين

عن عرض الذراع الأخرى، وأمر مدهش أكثر هو أنّ الأطراف ليست متوازية: فهي تلتقي وتنفرج، محدثة بهذا زاوية قائمة داخلية تقع على محور يختلف عن الزاوية الخارجية». وهكذا نجد هذه الزوايا المهمّة: 60° و 30° معظم الوقت، 54° و 26° أحياناً. وعبر عدم توازي الجانبين الداخليين، كان يمكنها أيضاً تشكيل الزوايا الذهبية، أي الزوايا التي تشكّلها مع الخطّ القطري أضلاع مستطيل يخضع للنسبة السماوية.

بالرغم من أنّ «العناصر» لإقليدس لم يعلّم كيفية بناء مخمّس زوايا منتظم على ضلع معيّن (في الواقع لا نجد في هذا الكتاب كمعالجة لمخمّس الزوايا سوى بالنسبة لدائرة الإحاطة)، لم يكن من الصعب كثيراً تصوّر حلّ إقليدي لهذه المسألة. هذا ما قام به، بعد عام 930 بقليل، أبو الوفاء في كتابه حول ما هو ضروري للحرفيين بشأن البناءات الهندسية: إنّه يقترح طريقتي بناء، الأولى بسيطة جدّاً، والثانية متقنة أكثر، ولكن بفتحة بركار واحدة. هذا الحلّ استعاده روريكزر Roriczer، في كتابه «جيومتريا دويتش Geometria deutsch» (1487-1488)، منطلقاً من دائرتين متساويتين تمرّ كلّ منهما بمركز الثانية، ممّا كان يؤدّي إلى حلّ تقريبي، يرضي التقني.

إنّ قضية بناء ميلانو تظهر جيّداً حدود هذا العلم النفعي. كنّا في سنة 1391 وكنّا نتساءل ما إذا كان سيتمّ بناء الجناح آد كوادراتوم ad quadratum، أي بارتفاع يساوي العرض، أم آد تريانغولوم ad triangulum، أي حسب مثلّث متساوي الساقين. في هذه الحالة الأخيرة يجب حساب ارتفاع مثلّث متساوي الساقين يبلغ طول قاعدته 16 وحدة (unitates) تتضمّن كلّ منها 8 كميات (quantitates) أي ما مجموعه 96 من هذه الأخيرة. اليوم لا شكّ في أنّنا نعرف القاعدة:

$$h = 96 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 83{,}136$$

حيث h هو الارتفاع. من أجل هذا الحساب تمّ استدعاء «خبير في فنّ الهندسة» هو غبريال ستورنا لوكو Gabriel Stornaloco. أمّا النصّ، الذي لا نعرفه سوى من خلال نسخة حديثة كلّياً، فيحتوي بالطبع على بعض الخطأ، كما أظهر ج. بوجوان. في الواقع استعاد ستورنا لوكو قاعدة منتشرة جدّاً تدلّنا على أنّ نسبة الارتفاع على القاعدة تبلغ تقريباً 13/15، أي 26/30. إذن تصبح القاعدة:

$$h = \frac{96 \times 26}{30} = 83{,}2 < 84$$

لنستمع إلى ج. بوجوان:

إذن أردنا أن نغيّر الأفق كليّاً ونترك ورش بناء الكاتدرائيات من أجل دراسة السفن التي أعلنت الاكتشافات البحرية الكبيرة نلتقي بنفس مشاكل الطريقة: نفس الصعوبة في خلق الانسجام بين العلم والتقنية، نفس شكوك المؤرّخ إزاء السرّ نفس الصعوبة في متابعة الأقوال المنقولة شفوياً لا تظهر منها في الوثائق الخطّية سوى تلميحات استثنائية، وأخيراً نجد نفس جهود بعض العلماء العباقرة ليتصوّروا، بواسطة الخرائط والأدوات، أو بمساعدة الكتيّبات المتأخّرة، طرقاً ندهش لبقائها غائبة من المعرفة الكتبية للقرون الوسطى.

لقد سمح استعمال الخرائط الملاحية المرسومة حسب الاتّجاهات البوصلية للبحّارة في القرن الرابع عشر باللجوء إلى بعض الطرق العلمية. لكن لا يبدو أنّ علم الفلك الملاحي قد ولد قبل 1480-1490 في البرتغال. إنّ ما أدّى إلى النتيجة المرجوّة لم يكن دقّة الجداول الفلكية أو تقارب مفاجىء بين الفلك والبحرية بقدر ما كان الجهد الكبير للتنظيم، وسياسة جان الثاني Jean II العلمية. عندئذ نقترب من علم ملاحي حقيقي. وسنعود لاحقاً إلى الأمر.

آنذاك كان عصر النهضة، فجر علم جديد. وانطلاقاً من هذا العصر، اختفت تصوّرات المؤرّخين المعاصرين حول العلاقات بين العلم والتقنية بشكل كامل تقريباً. أصبحنا نتابع باهتمام ولادة وتطوّرات هذا العلم الجديد دون أن نبحث عن التقاربات، العديدة جدّاً، بين نوعي المعرفة. باستثناء بعض الأعمال التي لها مدلولها، نذكر الأعمال حول الهديدروليك، حول علم القذائف، حول الديناميكا الحرارية، هناك تاريخ كامل تجدر كتابته. لكن يبدو أنّ ذاك الحين شهد انقلاباً في الطريقة، عزيزاً على قلب باشلار Bachelard. لم يعد التقني يبحث في العلم عن بعض المعلومات، عن بعض القواعد التي تفيده، إنّه يخلق العلم الضروري له. العالم الكتبي اختفى لصالح المتمرّس الذي يحاول عقلنة معرفته التقنية. لن نستبق الأمور. ولكن بعكس ما اعتقد البعض، منذ لم يَعد باستطاعة المعرفة التقنية التقدّم دون ركيزة علمية، يجب دفع العلم إلى الأمام إن لم يكن بمستوى تقديم الأجوبة. تختلف كلّ من المعرفتين عن الأخرى ولكن نحتاج إلى وجود توافقية بين نظامي المعلومات. وتوافقية متبادلة بالطبع، فالعلم أيضاً، ليس بإمكانه أن يتقدّم دون إجتياز بعض القيود التقنية.

بعدما كانت مرحلية، أصبحت العلاقات ثابتة وهذا التقدّم بدأ متواصلاً إنطلاقاً من عصر النهضة. المعرفة التقنية هي دائماً تقريبية، لدرجة أنّ نظرية علمية مخطئة تستطيع أن تقدّم لها أنظمة تفسير مفيدة: هكذا مثلاً بالنسبة لنظرية مصدر اللهب (الفلوجيستيك) أو االسيّال الحراري، في كلّ نقطة من نفس طبيعة فيزياء هارون الإسكندراني أو فيزياء ستراتون

دو لامبساك Straton de Lampsaque في ما يتعلّق بالغازات أو بالفراغ.

من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر، وحتّى خلال القرن التاسع عشر، كانت غالبية العلماء من التقنيين: بنيدتّي Benedetti ، ستيڤن Stevin وغاليلي Galilée، روبرفال Roberval و فارينيون Varignon،بلونديل Blondel ودوهاميل دو مونسو. فقط شيئاً فشيئاً أصبح العلم، عند انطلاقته، أكثر استقلالية، من تارتغليا Tartaglia إلى أولر Euler، من ڤييت Viète إلى بريستلي Priestley. ويمكننا أن نبسط الفرضية إلى العلوم الطبيعية، التي أخذت وقتاً طويلاً للتشكّل ضمن نظام. إنّ مشاهدة الطبيعة، والتصنيفات التي تشبه الجداول، كانت نتيجة عمل التقنيين كما العلماء.

وأكثر فأكثر أصبحت العلاقات بين التقنية والعلم، أي الحدود بين المعرفة العلمية والمعرفة التقنية أكثر صعوبة للتحديد. فالتجهيز التقني الهائل للعلم الحديث، والمتطلّبات العلمية من جانب المعرفة التقنية ـ ربّما تكون الكيمياء أوّل من مثّل هذا الرابط غير القابل للقسمة ـ تزيد من صعوبة الفصل بينهما.

الحساب

لا شكّ في أنّ المقصود هنا عملية الترييض الأكثر نموذجية للتقنية، ولكنّها تفترض تحوّلاً جذرياً في التفكير التقني. قد يكون بالإمكان القول إنّ التجريبية أصبحت مستحيلة على الإطلاق. كما أنّ هذا الحساب يأخذ بالنهاية شكلين أساسيين هما المعيار وما سنسمّيه القاعدة، نظراً لعدم وجود عبارة ملائمة أكثر. القاعدة والمعيار يشكّلان قانونين أساسيين، يمكن تطبيقهما على الدوام، ويسمحان بحلّ معضلة تقنية. إنّهما يتعلّقان بصورة أساسية بعدد معيّن من التقنيات المحدّدة جدّاً، وكانت قليلة العدد في البداية.

الخطوة الأولى: الجدول

زاء صعوبة لا تسمح الملاحظة الأولى، التي يجب أن تترجمها الكلمة اليونان $\varepsilon\mu\pi\varepsilon\iota\rho\iota\alpha$ (إمبيريا = تجريبية)، باجتيازها، ينبغي إذاً، حسب باشلار Bachelard، تغيير الطريقة كلّياً، نوعاً ما قلب المسائل.

في مجموعة معقّدة غالباً، ينبغي أوّلاً تحديد ما كان فيلون البيزنطي يسمّيه العنصر الأوّل. هذا العنصر الأوّل يجب أن يكون قابلاً للقياس: الأبعاد، الوزن إذا أردنا أخذ المقاييس المعروفة منذ وقت بعيد. بعد ذلك يجب أن نغيّر، بالنسبة لهذا العنصر الأوّل، عدداً من العناصر الأخرى المختارة بعناية، وتكون هي أيضاً قابلة للقياس. بالطبع يبقى هناك عدد من العناصر التي لا ندركها، لأنّها لا تقبل القياس: نأخذ مثلاً الاحتكاكات في آلة معيّنة.

إذن لم يعد لدينا هنا مجرّد مشاهدات الواحدة منها معزولة عن الأخرى. هنا نترك التنوّعات لصالح التغيّرات. وقد كتب باشلار أنّه بفضل العدد المرتّب «تخلّصت المادّة من طابعها غير العقلاني، لأنّه لم يعد من الضروري دفع المعرفة أبعد من الحدود التي يعيّنها الهدف المقصود». إنّ أيّ تقني إغريقي لم يقدّم لنا شروحات مفصّلة بعض الشيء حول الطريقة التي كان ينتهجها؛ لذا لا يمكننا سوى إفتراض الطرق المستعملة.

إنّ معرفة منظّمة، وسلاسل أرقام منظّمة يمكننا أن نضعها في جداول، وقد أثبت هذا فيثاغورس بالنسبة لمادّة الحساب الرياضي. وكان قد وضع جداول للمرور من سلسلة أصوات إلى سلسلة أعداد مبتكراً سلّم الأنغام. وبالطبع لا قيمة لجدول من الأرقام إلاّ إذا كان لهذه الأرقام سبب في الوجود أحدها بالنسبة للآخر. وقد يكون هناك نوع من الطبقية بين هذه الجداول. الأولى هي فعلاً جداول ملاحظة يجب أن تؤدّي إلى قاعدة مسلّم بها من قبل الجميع. بعد وضع القاعدة يتعيّن علينا، ولكن هذا الأمر سهل جدّاً، إقامة جداول للتنفيذ. هذا هو الفرق الذي كان، نحو نهاية القرون الوسطى، بين جداول الملاحة وأولى جداول الرماية بالنسبة لمدفعية البارود.

قلّما يهمّ، بالنسبة للتقني، التفسير العلمي لما يحقّقه، لأنّه أصبح متمكّناً من التحرّك. وغالباً انطلاقاً من هذه الجداول سيكون باستطاعة العلماء أن يعملوا. قد نكون بحاجة لجردة بأولى هذه الجداول كي نتبع بالتفصيل مسار الحاسبين الأوائل. ولكن لسوء الحظ لا نملك منها سوى انطلاقاً من نهاية القرن الخامس عشر وخلال القرن السادس عشر، في الوقت الذي كان «العلم الجديد»، كما قال تارتغليا Tartaglia، يتهيّأ لجعلها غير مفيدة تقريباً، على الأقلّ في ما يتعلّق بالنموذجية منها، أي الجداول التي تسبق بالتحديد القاعدة أو المعيار.

إضافة إلى هذا لم تكن هذه الجداول «منتظمة» كلّياً وعدم الانتظام هذا يفسّر لا عقلانية الطبيعة. هناك أنواع من المقاومة، لا سيّما في الجداول التطبيقية من حيث يوجد أيضاً لا عقلانية في صفوف الأعداد. نحن هنا بصدد ثمن المعرفة التقريبية.

المعيار

تحديدات المعيار واضحة تماماً: القياس المعتمد لضبط مختلف أجزاء البناء، أصغر قياس مشترك يجب أن تمتلكه مختلف العناصر الداخلة في تكوين بناء معيّن كي يكون بإمكان هذه العناصر أن تتطابق وتتجمّع دون الحاجة إلى تنقيح. بدلاً عن عبارة البناء يمكننا استعمال عبارة الآلة دون أن نغيّر في الباقي.

من الصعب أن نعرف كيف وصلنا إلى هذا المفهوم وهو ليس سهلاً للوضع. كان الإغريق يسمّون المعيار Tóvos (تونوك)، الصوت، وهي عبارة يمكننا مقاربتها مع تقنيات

أخرى، لا سيّما الموسيقى. ولا ننسى أنّ التناغم هو أيضاً مفهوم متعدّد المجالات. لا يُستبعد أن تكون هندسة البناء هي أوّل ما استفاد من المفهوم الجديد. لسوء الحظ لا نملك دراسة فيلون الأثيني حول نسب المعابد. كان يفترض به أن يكون وارث تقليد بعيد ربّما كانت نهايته تصبّ عند فيتروفيوس. منذ هذه اللحظة نرى جيّداً أنّه في بناء معيّن، سواء كان معمارياً أم ميكانيكياً، يكون الأمر عبارة عن اختيار عنصر أوّل تُحدّد وفقاً له كلّ الأجزاء الأخرى من خلال المعامِلات coefficients الخاصّة بالمعيار.

حسب فيتروفيوس كان الإيقاع المعياري يتضمّن: البروبورسيونس proportiones، وهي نسب الحجم التي تربط العناصر اثنين اثنين؛ والسيمتريا symetriae، وهي النسب التي تربط كلاًّ من العناصر مع الوحدة الرئيسية، مع المعيار.

في نظام البناء الدوري، تساوي الخرجة 3,5 معايير (symetriae) وتبلغ بالنسبة للعمود مثل 1 بالنسبة لِ 4 (proportio).

المعيار هو قطر الأعمدة الذي يقاس عند ولادة جذع العمود. أمّا الفسحة بين الأعمدة فتتعلّق بالطبع بارتفاعها، والثبات ومقاومة الانهيار يؤدّيان إلى العلاقة التالية (الأرقام مقدّمة بالنسبة للمعيار):

الفسحات بين المحاور	الارتفاعات
2,5	10,0
3,0	9,5
4,0	8,5
4,5	8,0

كلّما تزيد الفرجة، يتضاءل الارتفاع، والسطر الأخير يعبّر عن أدنى حدّ لهذا الارتفاع.

الشيء نفسه بالنسبة لتيجان الأعمدة. هنا نعبّر عن الأبعاد تبعاً لِ: $\frac{1}{18}$ من المعيار

$$x = \frac{m}{18}$$

هكذا يبلغ إرتفاع التاج الثلث، أي ستّة أضعاف المعيار.

ولن نطيل الشرح كثيراً، فاستعمال المعيار في هندسة البناء معروف جدّاً وقد عولج على نطاق واسع.

المثل الثاني عن المعيار يتعلّق ببناء آليات القذف عند علماء ميكانيك الإسكندرية،

مثل فيلون البيزنطي وهارون الإسكندراني. لقد كان يجب اختيار عنصر رئيسي من أجل استنتاج كلّ العناصر الأخرى، وقد كان فيلون البيزنطي محقّاً عندما ارتأى أنّ هذا العنصر كان يجب أن يكون العلاقة بين وزن كرة المدفع والطاقة الضرورية لقذفها. إذا كان من السهل قياس العامل الأوّل من العلاقة فالأمر ليس كذلك بالنسبة للعامل الثاني. إنّ اختيار قطر حزمة الأوتار المرنة، في الحقيقة كوّة قطعة هيكل الآلة التي كانت تمرّ عبرها حزمة الأوتار، كان السبيل الوحيد الباقي: في الواقع كانت طبيعة الأوتار تشكّل عاملاً يصعب تقييمه، ومن جهة أخرى كانت هذه الأوتار تفقد أثناء العمل معظم الأحيان قسماً مهمّاً من مرونتها. ونصل إلى قاعدة جسّدها ديلز Diels رياضياً: $d = 1{,}1\sqrt{p}$(حيث d هو القطر مقاساً بالأصابع و p الوزن مقاساً بالدراهم). أمّا المعامل 1,1 فيهدف إلى تصحيح كلّ احتمالات الخطأ الأخرى، الطبيعية أو العائدة للحساب.

هارون الإسكندراني أضاف معيار الآلة التي ترسل السهام. هنا يؤخذ بعين الاعتبار طول النبلة $d = \frac{L}{9}$

هكذا تمكنّا من تحقيق رسوم هذه الآلات المنجزة. إنّ رسم قاذفة السهام (الإتيتون) كان يُدرج ضمن مربّع يبلغ طول ضلعه ستّة عشر معيارا، وقاذفة الكرات (البالنتون) ضمن مثلّث متساوي الساقين يبلغ طول قاعدته وارتفاعه تسعة عشر معياراً. كما يمكننا رسم منحنى يظهر لنا من خلال رسم مرقّم جداول تطبيق المعيار على مختلف قطع الآلة، كما قدّمها لنا هارون الإسكندارني.

أمّا ف. برو V. Prou فقد ذهب أبعد من هنا، ربّما أبعد بكثير، وبحث عن العلاقة الموجودة بين المعيار m، وقطر المقذوفة d، مقذوفة يبلغ ثقلها النوعي 2,75 أي$\frac{11}{4}$ (مر، صوّان، حجر عادي). هكذا كان قطر كرة البالنتون المستديرة $\frac{3}{4}$ يساوي من المعيار. في قاذفة الإتيتون كان القطر المأخوذ بقيمة $\frac{1}{36}$ من طول النبلة يبلغ $\frac{1}{4}$ من المعيار. ويمكننا القول إنّ قطري نوعي المقذوفات هما متكاملان (مجموعهما يساوي 1)، كما أنّ مجموع زاويتي توجيه كلّ من مصراعيهما، بالنسبة للمحورين، يساوي زاوية قائمة.

يقدّم لنا فيتروفيوس تطبيقات أخرى لتقنية المعيار. هكذا مثلاً بالنسبة للولب أرخميدس، حيث المعيار هو طول انولب. يمثّل القطر$\frac{1}{6}$ من المعيار، خطوة الحلزونة$\frac{1}{8}$ ويساوي قطر الأسطوانة الغلاف خطوة الحلزونة. الانحناء يجب أن يكون 3 ارتفاعات مقابل 4 للقاعدة، ممّا يمثّل مثلّثاً فيثاغورياً.

واعتمد المعيار حتّى بالنسبة للسفينة التي يشير لنا فيتروفيوس من خلالها إلى تطبيق

عنه: المعيار هنا هو الفسحة بين الأوتاد التي تستند إليها المجاذيف.

نعرف أنّ هذه الخطوات، ولكن نخرج عن إطار بحثنا، قد أدّت إلى معيار عالمي اتّفق عليه الجميع. من فيثاغورس إلى أقليدس وإلى بطليموس، رأينا انتشار النسبة السماوية والعدد الذهبي. إذا كان المعيار إستمرّ بلعب دور مهمّ في مجال هندسة البناء، وتشهد على هذا كلّ الدراسات المعمارية انطلاقاً من القرن السادس عشر، فإنّنا نجهل كلّ شيء تقريباً عن استعماله في تقنيات أخرى. لا يبدو مثلاً أنّ ماتيو بايكر Matthew Baker، باني السفن الإنكليزي خلال النصف الثاني من القرن السادس عشر والذي حصلنا على أوراقه، لا يبدو أنّه استعمل المعيار في تصميم سفنه.

إلاّ أنّه يمكننا القول إنّه ما أن يكون هناك صنع لآلة جديدة، بشكل خاص آلة فاعلة وليس مستسلمة كنول النسيج، وعندما لا يكون بمتناول الصانع أي نظرية تدعمه في مهمّته الصعبة، نحاول أن نستعمل المعيار وما يرافقه من جداول.

لن نأخذ سوى مثل واحد، مهمّ، هو مثل مكنة البخار. عدا عن كلّ التفسيرات حول عملها لم يجر التركيز كما ينبغي على مرحلة تكوّن الإختراعات المتتالية التي سمحت بالوصول إلى النتيجة الملائمة، ولا على طريقة وضع هذه الاختراعات مادّياً. لدينا بالطبع بعض الجداول النموذجية إنطلاقاً من منتصف القرن الثامن عشر، بالنسبة لآلات نيوكومن Newcomen آنذاك. إنّ تحديد المعايير يعود في الواقع إلى فرنسي كان يعمل بخدمة روسيا، هو سباستيان مايار Sébastien Maillard، الذي نشر كتابه للمرّة الأولى سنة 1783، وللمرّة الثانية في السنة اللاحقة، تحت عنوان «نظرية الآلات التي تحرّكها قوّة البخار». في الواقع لم يكن هذا الكتاب يحتوي أيّة نظرية، ولكن نرى كيف أنّ مايار، وأسلافه، الذين لم يستوعبوا أجهزة القياس (حرارة، ضغط) إلاّ بصورة بطيئة، حاولوا تذليل العقبات العلمية بواسطة المعيار والقواعد.

القاعدة

لا شكّ في أنّ التسمية تبعث على الالتباس. المقصود هو بالطبع قاعدة مرقّمة تُحلّ بواسطتها مسألة تقنية معيّنة. لنعط على الفور مثلاً ملموساً: مقاومة العارضات في البناء للالتواء وهي أحد المشاكل العديدة التي تواجه مهندسي البناء.

هذه القواعد قلّما يمكن الحصول عليها، هنا أيضاً، إلاّ عبر وضع الجداول. وما أن تُسنّ القاعدة حتّى تتبعها سلسلة ثانية من الجداول لتطبيقها بعيداً عن الحسابات الطويلة. عن هذه السلسلة الثانية من الجداول يقدّم لنا فيتروفيوس مثلاً بالنسبة للتخفيف من عرض الأعمدة أو ارتفاع الأعتاب. لسوء الحظ تنقصنا الجداول، ولكن في هذه الحالة من الممكن إعادة تشكيلها. بالنسبة لإلتواء العارضات يُفترض أنّ فيتروفيوس، كما ليوناردو

دافنشي، قام بسلسلة من التجارب المنظّمة كي يضع قوانين خطّ العارضات المرن، معايير بشأن مقاومة الضغط من جانب العارضات المربّعة، الأسطوانية، الطليقة أو المدموجة من أحد طرفيها، بشأن صمود العارضات المركّبة ـ البرتي Alberti أيضاً اهتمّ بالأمر ،. هذه العارضات المركّبة التي تمثّل مبعث قلق للبنّائين. وقد تناول ليوناردو دافنشي مسألة العارضة المدموجة من طرف والمحمّلة (عارضة تحمل شرفة مثلاً)، وهي المسألة المسمّاة باسم مسألة غاليلي.

هنا أيضاً نتمنّى لو كان لدينا قائمة تشمل هذه القواعد، فهي قد تكون مهمّة على أكثر من صعيد: هكذا يظهر لنا تقارب بعض القواعد في ما بينها، والقواعد التقريبية، والقواعد الخطأ. وبسبب افتقارنا لهذه القائمة، لا يجب أن نذكر سوى بعض الأمثلة التي تساعد حسب اعتقادنا على فهم أفضل لدور القاعدة.

فيتروفيوس، أحد الرائدين، يقدّم لنا بعضاً منها. حول صمود العارضات يبدو أنّه فهم المسألة جيّداً ولكن يبدو أيضاً أنه لم يقدّم أيّ قاعدة، إلاّ أن الأمر غير ذلك بالنسبة للحسابات المستعملة في الهندسة المعمارية. لقد أشار شوازي Choisy بوضوح إلى الحسابات والرسومات التي تقتضيها النظرية الفيتروفية بخصوص الترتيب في الهندسة المعمارية، ويتعلّق هذا بانحناء الركائز المزخرفة والخرجات في حنيّة الأعمدة: لسوء الحظ فُقدت المخطّطات. وكان بالإمكان أن نستخلص من هذه الجداول منحنيات معيّنة، إذن قاعدة جبرية، قطعاً مكافئاً في الحالة الأولى، وقوسي قطع مكافىء لهما نفس القمّة في الحالة الثانية. كذلك يوجد جداول تصحيحات منظورية تعطينا الكسور المتعلّقة بالتخفيف من عرض الأعمدة وبارتفاع الأعتاب. بعد ذلك تتحوّل المخطّطات إلى قواعد، معادلات من الدرجة الأولى. بالنسبة لارتفاع العتب لدينا القاعدة التالية، حيث A هي ارتفاع العتب و H ارتفاع العمود:

$$A = 0{,}065 + \frac{2}{3000} H$$

وبالنسبة لتخفيف عرض العمود، حيث H هي ارتفاعه، خارج قسمة القطرين d و D هو:

$$\frac{d}{D} = \frac{8}{9} - \frac{3}{4}\left(\frac{1}{H}\right)$$

هذه القواعد الجبرية ليست بالطبع أكثر من تأويلات، فلا الإغريق ولا الرومان مارسوا علم الجبر. في ما يخصّ تخفيف عرض الأعمدة كان يمكن القول: بالنسبة لعمود ذي ارتفاع معروف، يحمل خارج قسمة الخرجة على العمود القيمة كذا؛ ثمّ، كلّما كبر العمود، يتلقّى هذا الخارج تزايدات تناسبية بمعدّل $\frac{2}{3000}$ من القدم للقدم الواحدة. إذن نقع هنا على قاعدة حسابية نموذجية.

أقدم القواعد المرقومة يقدّمها لنا فرونتينوس؛ إنّها قاعدة قياس منسوب قسطل معيّن، وكان معطية ضرورية لمكافحة عمليات الغشّ. يسلّم فرونتينوس ضمنياً بأنّ هذا المنسوب هو تناسبي مع مساحة أو مقطع التدفّق وأنّ منسوباً يتضمّن مقطعه n وحدة يساوي مجموع منسوبات n قسطل يتضمّن مقطع كلّ منها وحدة واحدة. ولكن هذا ليس بصحيح، إذ أنّنا نعرف أنّ كمّية الماء التي يدفقها قسطل غاطس كلّياً نجدها بواسطة القاعدة $Q = \mu A \sqrt{2 G C}$ حيث A هي مقطع التدفّق، C الشحنة، و معامل إختباري متغيّر. بالتالي فإنّ المقطع ليس سوى واحد من العوامل التي تحدّد المنسوب في حالة معيّنة. ولقد أشار البعض بالنسبة للعاملين و C، اللذين أهملهما فرونتينوس، أنّ الأوّل، المعامل، لا يؤدّي إلاّ إلى خطأ ضئيل للغاية نسبياً، بينما الثاني، الشحنة، أو ضغط الماء في القسطل، فقد كان ثابتاً. في الواقع إنّ تغيّرات تبعاً لقطر القساطل هي ضعيفة كفاية بالنسبة لأبعاد القساطل المستعملة ولا يمكنها أن تجرّنا، على الأكثر، سوى إلى خطأ بالزائد يبلغ 13 % ومعظم الأحيان 10 %.

لنقفز حتّى نهاية القرن الخامس عشر. بالنسبة للعارضات المربعة، الأفقية، المسنودة عند أطرافها، كان ليوناردو دافنشي وجد أنّ درجة مقاومتها تتغيّر مثل مربّع الضلع وتعاكساً مع الطول، وهذه نتيجة لا بأس بها. ثمّ تابع أبحاثه وحاول أن يعطي قاعدة التواء العارضات المربّعة المحمّلة في وسطها. كان يقول إنّ هذا الإلتواء هو تناسبي مباشرة مع الوزن لكنّه لم يتوصّل إلى وضع علاقات كالتي نعتمدها اليوم، علاقة مباشرة مع مكعّب الطول، وتناسبية عكسياً مع الأسّ الرابع لضلع المربّع. إنّه يحذف معيار المرونة وعزم القصور (أو الجمود) اللذين ألمح إليهما نيموراريوس Nimorarius.

يظهر لنا بوضوح تام أنّ ليوناردو دافنشي قام بسلاسل من الاختبارات المنظّمة، من أجل مقارنة درجة مقاومة العارضات الموشورية والأسطوانية، ومن أجل البحث عن مفاعيل الحتّ الناجمة عن الالتواء والمطّ، وكلّها أبحاث استعادها لاحقاً العالم الإنكليزي هوك Hooke. وكان تفكير دافينشي، كما يتراءى لنا من خلال دراسات كهذه، حدسياً في البداية، دون أيّ شكّ، ثمّ عمد إلى طريق القياس والتقريبات. ولا ننسى أنّه كان يفتقر إلى بعض عناصر المعضلة وبعض أنواع التوسيع.

بالطبع كان دور القاعدة، القابلة للتطبيق، ولكن ليس للإثبات والبرهنة، دوراً مهمّاً. وهي ما تزال تُستعمل حتّى أيّامنا هذه، ولكن ناتجة بعض الأحيان، عن تبيان علمي لا يهمّ التقني، وسنعود لاحقاً إلى هذا الأمر. لا شكّ في أنّ القاعدة أدقّ من المعيار، لأنّها قابلة أكثر للاستيعاب مباشرة، وللاستعمال بصورة أسهل. إنّها في الواقع وصفة منقولة إلى لغة رياضية.

التنظير بعد التجربة

يتعيّن بالطبع أوّلاً تحديد ما هي النظرية في مجال التقنية، والأمر ليس سهلاً بقدر ما قد نعتقد للوهلة الأولى. إنّها فعلاً تفسير عملية تقنية، التفسير العلمي. لهذا الأمر من الضروري اجتماع عدد من الشروط. قبل كلّ شيء يجب توفّر علم مؤات، وهذا بديهي: دون علم الحركة والقوى (الديناميكا) لم يكن هناك من تقنية للمقذوفات. من جهة أخرى، يجب أن تكون كلّ العناصر المؤلّفة للنشاط التقني المعني قابلة للخضوع لمعالجة علمية. هكذا يمكننا مثلاً مناقضة عجلة تربينة بفراشات مع صناعة القبقاب. ويتراءى لنا منذئذ تشكّل حيّزات معيّنة، بعضها زمني وبعضها الآخر قطاعي.

لماذا التنظير؟ في الحقيقة تصعب الإجابة. فالمواقف مختلفة جدّاً، هناك تقنيون يشيرون إلى أنّ هذا التنظير يدخل بشكل عام عندما تصل التقنية التي يستهدفها نوعاً ما إلى درجة إتقانها. في هذه الحالة يكون الأمر عبارة عن تسلية، عن فضول علمي، دون فائدة عملية. لنستمع إلى فرنسوا بلونديل François Blondel الذي كان أحد مؤسّسي علم المقذوفات الحديث:

[...] لأنّ الغالبية العظمى من الذين يمتهنون حمل السلاح، حتّى الضباط ولاسيّما أولئك الذين لم يتلقّوا الثقافة عبر دراسة الآداب، في شبابهم، يقولون بحدّة أنّه لا يجب سوى الممارسة من أجل الحرب، أنّها مهنة لا يمكن تعلّمها في الكتب ولا بواسطة القواعد؛ أنّ أولئك الذي ليس لديهم سوى النظرية يجدون أنفسهم عاجزين عن الإمساك بزمام الأمور في العمل وأنّ جهاز الدراسة الرياضية لا يفيد معظم الأحيان إلاّ للتخمين.

إنّ اعتماد هذا الموقف لهو أمر رائج، حتّى في عصرنا هذا. وفي سياق آخر للأفكار رأينا في الآونة الأخيرة تياراً قوياً يقف في وجه تربيض الاقتصاد السياسي. ويتابع بلونديل كلامه قائلاً:

من غير أن نثقل كاهلهم [المدفعيين] بهذه الكمّية من التعليمات والعمليات الرياضية صعبة الفهم والتنفيذ؛ لأنّه عبر الحسّ السليم والممارسة فقط، يمكنهم أن ينفذّوا حرفياً ما قد يُطرح عليهم، دون أن يخضعوا لأيّ قواعد قياس أو حساب.

وهناك آخرون يشيرون إلى أنّ النظرية لطالما قدّمت شيئاً ما إلى التقنية، بمعنى الإتقان، الدقّة. مهمّة النظرية هي التخفيف من الهوامش الموجودة دائماً في المعرفة التقريبية. أمّا بلونديل، الذي كان في نفس الوقت ممارساً ومنظّراً، فهو يرى أنّ وضعه هو الأفضل حتماً. المنظّر دون ممارسة، الممارس دون نظرية لا قيمة فعلية لأيّ منهما.

لا شكّ في أنّ هذا يعود إلى الإختلاف، حول نفس الموضوع، بين النظرية والتطبيق.

في مقالة مهمّة عن الفكر التقني الإغريقي، يؤوّل ج.ب. فيرنان J.P. Vernant نصوصاً صعبة الفهم ويحاول إبراز الفصل الواضح بين العلم والتقنية، فكان يقول إنّ النظرية «تتقهقر» عندما نطبّقها، بمعنى أنّ عقلانية العلم لا يمكن تطبيقها بالضبط على لا عقلانية الطبيعة. في نظرية معيّنة، يوجد دوماً ثوابت لم يمكن أخذها بعين الاعتبار لأنّها لم تكن قابلة للقياس ولا حتّى لتكريسها كمفاهيم. لهذا السبب نجد درجات من التنظير. النظرية هي الإسقاط العلمي لظاهرة تقنية، وليس بوسعها إلاّ أن تكون إسقاطاً جزئياً لأنّ هناك دوماً قسماً من الحقيقة المادّية يفلت منها. لا يوجد تقهقر، هناك فقط غياب للارتباط الكلّي. هذه هي الثغرة التي ابتلعت كلّ المواقف، كلّ الصعوبات، كلّ سوء الفهم.

في هذه النقطة يكمن تاريخ كامل لم يتناوله أحد باستثناء بعض قطاعاته المميّزة. تاريخ يصعب القيام بكتابته لأنّ النصوص ليست سهلة الجمع، وأحياناً مستحيلة التأويل. تاريخ يصعب القيام بكتابته لأنّنا لا نعرف الكثير عن طريقة معالجته: دراسة كلّ قطاع، دراسة كلّ حقبة، الاقتصار على بعض الشخصيات البارزة التي، في فترة معيّنة، إن لم تكن حاولت القيام بمجهود منهجي فعلى الأقلّ جالت بفضولها على عدد كبير من التقنيات؟ إنّ انعدام الدراسات المتخصّصة، التي عبرها يجب حتماً البدء، يجعلنا شبه عاجزين عن القيام بأيّ شيء.

الإغريق في العصر الهليني لم يكن لديهم في الحقيقة أكثر من جنين علم. فقد كانوا ورثوا عن أسلافهم نظاماً من «الآلات البسيطة» ومع أرخميدس جرت في الواقع أوّل محاولة للتنظير، على الرافعة. بعد ذلك انصبّ كلّ مجهود المنظّرين على تحويل كلّ الآلات البسيطة الأخرى إلى رافعة، وكانوا ينجحون إلى حدّ ما. هكذا كان بالنسبة للعجلات المسنّنة، ومضاعفة القوى، من هارون إلى بابوس Pappus. عندئذٍ أصبح بالإمكان تقسيم القوى بفضل تطبيق نظرية الرافعات.

من الواضح أنّه في ذلك العصر قلّما كان ممكناً الذهاب أبعد من هنا، فلم يكن يُضاف، كما رأينا، سوى الحيل الهندسية لحلّ هذه المسألة أو تلك. لكن هذه كانت وسيلة بناء، وليس نظرية. لقد وجب في الواقع انتظار انطلاقة العلم «الحديث»، في عصر النهضة، كي نلتقي مجدّداً بمجهود متوّج أكثر بالنجاح. لنستوضح الأمر أكثر. إنّ انقلاب الوضع لم يكن ليحدث بين ليلة وضحاها، فقد كان العلماء، وإن كانوا أيضاً من التقنيين، مكبّين على إبتكار ذاك «العلم الحديث» لدرجة كان من الضروري معها ولادة النظام العلمي بكليته كي يمكن استخلاص الفائدة منه لصالح التقنية. لكن كتب الكثير من تاريخ العلوم، وقلّما كتب تاريخ ما يسمّى «بالعلوم التطبيقية».

لنأخذ مثلين أوّلهما فردي والآخر تسلسلي. برأينا أنّه لم يتمّ التركيز كثيراً على جهود ليوناردو دافنشي لخلق تقنية جذرية عقلانية، أي ذات أساس علمي. في المدوّنات الكثيرة التي خلّفها لنا، والتي لا تجتمع سوى جزئياً حول بعض المواضيع الكبيرة، نشعر بهذه الرغبة الجامحة لإعطاء التقنيات التي تهمّه تلك الركيزة العلمية التي كان علم عصره ما يزال عاجزاً عن تقديمها له. إنّه ليس على الطريق ولكنّه يحزرها، لا بل يشعر بها. وهو يدرك بالفعل مفهوم هذه التقنية العقلانية، ويشعر بنفسه عاجزاً عن صياغتها؛ إنّه ما يزال ضمن نطاق «المذاهب الناقصة». أمّا المسألة التسلسلية، وهي تتعلّق بدراسة أحادية، فيمكنها أن تقدّم لنا الكثير من العناصر: ويثبت لنا هذا تاريخ علم المقذوفات. لنأخذ بالتوازي معها موضوع مقاومة الكسر، أو التواء العارضة. فالبحث يقع على نفس المستوى. يشهد لنا فيتروفيوس أنّ القدماء اهتمّوا كثيراً بالأمر. ثمّ يجب القفز حتّى ألبرتي Alberti، وإلى ليوناردو دافنشي، كي نفهم أنّ الحلّ لم يكن ممكناً، وأنّه لم يكن هناك أيّ حلّ علمي محتمل، ولهذا بقينا عند حدود القواعد فقط. لكنّ الموضوع استعيد برمّته من قبل غاليلي في الحوار الثاني، وقد استعرضه فقط، ثمّ هوك Hooke، الذي يغفله دوماً مؤرّخونا الحديثون، ثمّ بيليدور Bélidor، ربّما بصفته بنّاء جيداً أكثر منه عالماً، وأخيراً كولومب Coulomb ونافييه Navier بصورة حاسمة، والثاني ليس معروفاً بالدرجة التي يستحقّها. إذا سلّمنا، محقّين على ما يبدو، بأن فيتروفيوس ليس سوى انعكاس للأبحاث السابقة، فقد وجب انتظار واحد وعشرين قرناً للتوصّل إلى النظرية، أي إلى الحلّ الشامل للمعضلة.

إنّ ما نطلبه من النظرية، منذ العصر القديم الهلّيني وحتّى عصر النهضة، هو بالتحديد أن تقدّم إجابات رسمية قابلة للتطبيق في جميع الحالات، على معضلات التقنيين. ولا نملك بعد مفهوماً كاملاً للفارق الذي يفصل النظرية عن التطبيق، فارق وليس تقهقراً.

ليس هناك مثل أفضل من مثل المقذوفات، لا شكّ لأنّه عولج بصورة ناجحة جدّاً منذ أقلّ من قرن. وبما أنّ هذه القصة أصبحت اليوم معروفة جدّاً، لن نغالي في إطالة الشرح حولها. في الحقيقة يقدّم لنا العمل، وهو بهذا يؤدّي لنا خدمة جليلة، نصوصاً خاماً أكثر منه تفسيراً يصعب عرضه. في الواقع تنطرح المسألة على مستويين اثنين: من جهة مفاهيم القوّة والجمود، ومن جهة أخرى منحنيات المقذوفات. دون أن نحسب، بالطبع، التعارضات بين العلم والتطبيق، ونرى في بداية هذا العلم الجديد الانتقال المتواصل من المفهوم إلى الجدول وبالعكس، ومن نتائج كلّ منهما إلى نظام عقلاني.

لنستبعد النظرية التي لم تكن لتؤدّي إلى شيء مع بوريدان Buridan، وألبير دو ساكس، ونيكول أورسم Nicole Oresme وليوناردو دافنشي الذي يجسّد المثل الأفضل، مع

شيء يزيد لديه هو المنحنى. ولكن هل بالإمكان هنا أن نطرح سؤالاً؟ عندما كان مدفعيّو شارل الثامن يقذفون على الشواطىء القريبة من نابولي على مدى قطع قماش ممدودة على فسحات أو مسافات منتظمة، ويرسمون منحنى أوّل، ألم يقوموا مذ ذاك بقلب المسألة مؤقتاً وجزئياً؟ وبعد ذلك تُتبع «التجربة».

أما تارتغليا Tartaglia فقد وجد صعوبة في الانسحاب من مشكلة المدى الأقصى. إنّ إستعمال الزاوية القائمة، الزاوية 46 درجة، ومنحنى بثلاثة أقسام من ضمنها سقوط عامودي، والجاذبية التي تؤثّر على كلّ المسار، ·كلّ شيء تقريباً ينجم عن النظرية المذكورة. بالنسبة لريفو دو فلورنس Rivault de Flurens، تتزايد الآماد مثل جيوب تمام زوايا رفع القطعة: ليس هناك إذاً مدى أقصى.

مع غاليلي ندخل ميدان علم الميكانيك الحديث وهو يعطي في ما يخصّ المقذوفات سلسلة من الأحكام أثّرت فعلاً في بدايات هذا العلم. إنّ نصف القطع المكافىء بالنسبة للمنحنى، وتأليف الحركات يضعاننا على الطريق الصحيح. وتوريشلّي Torricelli والأب مرسين Mersenne يفضيان إلى فرنسوا بلونديل الذي يضع نظرية حول المسار القطعي المكافىء وأدوات التصويب الهندسي جدّاً: إنّ القوّة تُفقد مع مقاومة الهواء والحركات المركّبة تبطل. موبرتوي Maupertuis يضيف المقذوفات الحسابية، حسب أعمال نيوتن، هيغنز Huygens، فارينيون Varignon وج. برنولي. مع روبنس Robins، أولر، ودالامبير دخلت المقذوفات، حسب تسمية الأب مرسين، وبالفعل في مرحلتها العلمية.

تتعيّن كتابة تاريخ كامل لهذا العلم الذي أوجد من أجل إعطاء تفسير علمي للتقنية. ويمكننا أن ندرج فيه، عدا عن الأسماء الكبيرة في الفيزياء والميكانيك الحديثين، أسماء شخصيات مثل سيمون ستيفن الذي انتقل من التجارة والمال إلى الرياضيات والذي اهتمّ بعد تكليفه بمسائل المياه والتحصين بأعمال العلم التطبيقي. كذلك نفتقر إلى الأعمال لدى العالم الكبير أولر، باستثناء بعض الدراسات. لكن هذا لا يمنع من أن نجد لديه أعمالاً مهمّة حول نظرية السفينة، حول لولب أرخميدس، حول المقذوفات،والعجلات الدافعة والراكسة، والطواحين الهوائية. وقد يتعيّن اتّباع بعض المسائل كما جرى بالنسبة للتقطير، للديناميكية الحرارية، من واط إلى كلاوزيوس Clausius. وفجأة نرى العلماء منكبّين، في هذا القرن الثامن عشر، حيث كانت المسائل بفضل الأكاديميات تسترعي انتباه جميع العلماء، على عدد من المعضلات: هكذا كان مثلاً بالنسبة للولب أرخميدس. هيدرو ديناميكا دانيال برنولي، بحث من بيتوه Pitot في أكاديمية العلوم في باريس 1736، بحث من أولر في أكاديمية برلين سنة 1754، كلّ عمل بلغرادو Belgrado سنة 1767، وأخيراً عمل بوكتون

Paucton لسنة 1768، جميعها أمور تسمح لنا بتتبّع الوضع البطيء لنظرية عامّة تتميّز دون شكّ بأهمّية علمية أكثر من منحى تقني.

كذلك قد يكون تاريخ نظرية الآلات موضوع عمل جميل. هنا لم يعد الأمر عبارة عن مجرّد «فضول علمي» كما في حالات أخرى، بل عن عملية وضع حقيقية لتكنولوجيا متقدّمة. بدأ الأمر أوّلاً مع آلات معيّنة: آلات رفع المياه، الطواحين المائية أو الهوائية وما كان يسمّى بالقوى المحرّكة: من مؤلّف س. دو كوس «علل القوى المحرّكة» (1615) إلى «دراسة في القوى المحرّكة» ل.ج. ف. دو كاموس (1722) نستشفّ التطوّر بشكل كامل. وبسرعة نمرّ انطلاقاً من منتصف القرن الثامن عشر إلى المبادىء العامّة للآلات: «الميكانيك العام» للقسّ ديديه Deidier (1741) يأتي قبل «محاولة بشأن الآلات بشكل عام» للازار كارنو Lazare Carnot (1786).

انطلاقاً من بداية القرن التاسع عشر، نرى نظرية الآلات تشكّلت نوعاً ما: لانز Lanz وبيتانكور سنة 1802، آشيت Hachette سنة 1811، بورنييس سنة 1819 رسموا ما أصبح بعدها «علم الحركة» لدى رولو Reuleaux.

نرى إذن أنّه باستثناء بعض الحالات الخاصّة لسنا في معظم الأحيان سوى بصدد التمنيات. فقط عندما سيكون بمتناولنا الدراسات والأعمال الوفيرة يمكننا أن نتناول مجدّداً مسألة المعرفة التقنية. على الدوام نصطدم بتعابير مبهمة: علم، علم تطبيقي، تكنولوجيا، تقنية، ليس من السهل تمييز الحدود. كذلك ليس من السهل تمييز أين تبدأ المعرفة التقنية. إنّها تنفصل تماماً عن المعرفة العلمية من حيث أنّها تستأثر بالنتائج دون أن تهتمّ بمعرفة كيفية الحصول عليها كان لدى رجال المدفعية جداول رماية اختبارية، وذلك منذ نهاية القرن الخامس عشر؛ لقد سمح علم المقذوفات بتفسير الأمور وبوضع جداول أكثر دقّة. المعرفة التقنية هي هذه الجداول، وليس التفكير العلمي الذي أدّى إلى وضعها.

هناك أيضاً مسألة الهوامش التي تفصل، التي ستفصل دوماً، بين المعرفة العلمية والواقع التقني، مثل ما نسمّيه أحياناً هوامش الأمان، هوامش التقدير أو أيّ عبارات مشابهة. التفكير المتماسك والمعرفة التقريبية هما الكيفيتان الأساسيتان.

النظرية قبل التطبيق

لن نطيل الشرح حول هذه النقطة الأخيرة؛ في الواقع لا نلتق بهذه الحالة إلاّ في العصور الأقرب إلينا، وهذا لا يعني استبعاد المشاكل العديدة والكبيرة. هناك مثلان محسوسان يساعداننا في إدراك هذه المصاعب.

المثل الأوّل هو مثل الكيمياء. لا شكّ في أنّه كانت توجد صناعة كيميائية في بعض

الصناعات، حتّى قبل أن يقوم لافوازييه Lavoisier وبريستلي Priestley بتأسيس الكيمياء الحديثة. فملح البارود، وروح الملح، والأجسام الدهنية كانت منذ وقت طويل من مقوّمات صناعات عديدة، وحتّى صناعات متطوّرة. هنا كانت المعرفة التقنية بعيدة جدّاً عن المعرفة العلمية. وإذا كانت التجربة تنجح، فقد كان ذلك نتيجة حدس غير معقلن. يدلّنا على هذا باب «الفولاذ» في موسوعة ديدروه «الأنسيكلوبيديا»، ففيه سخرية من الآراء القديمة: الفولاذ هو حديد أنقى من الحديد العادي، معدن أكثر امتلاء في أجزائه المعدنية التي تشكّل كيانه تحت نفس الحجم. ويصل كاتب هذا الباب إلى هذه الصيغة التي يمكن القبول بها: «الفولاذ هو حالة وسط بين الحديد الصبّ والحديد المطروق». من جهة أخرى نعرف أنّ الصناعات التي كانت تستدعي هذه الكيمياء النموذجية كانت تصل إلى باب مغلق عند مستوى معيّن.

منذ اليوم الذي وضع فيه نظام كيميائي صحيح، تمكّنت الصناعة من الاستفادة منه، وبهذا «التحم» النظام الصناعي تماماً مع النظام العلمي. فالعلم هو الذي حدّد الأسس الكبيرة في الصناعة الكيميائية، كالحمض الكلوريدريك والحمض الكبريتيك. لكن الأخذ عنه لم يكن فورياً. إنّ المرور من النظام العلمي إلى النظام الصناعي يخضع لعدد من الاحتمالات ذات الطبيعة المادّية التي تفرّق بعض الشيء المعرفة التقنية، هنا أيضاً، عن المعرفة العلمية. من تجريبية غلوبير Glauber إلى تحقيق طريقة لوبلان Leblanc نجد في آن واحد اكتشاف الكيمياء الحديثة والمعرفة التقنية لتطبيقها على صناعة اعتُبرت، إلى جانب مكنة البخار، إحدى أكبر إنجازات الثورة الصناعية. هنا يكمن كلّ الفرق بين العلم الكيميائي و «الهندسة الكيميائية».

الاتّصال ضروري والعلم يسبق التقنية. ليس هناك من ظاهرة أهمّ لعرضنا من ظاهرة إنشاء مختبرات المصانع وأوّلها كانت مختبرات الكيمياء. عندما اجتمع واط Watt وبولتون Boulton، كانا تقنيين يضعان معلوماتهما سويّة. عندما استُدعي غاي ـ لوساك Gay - Lussac من قبل سان غوبان Saint - Gobain جاء برج غاي ـ لوساك نتيجة عمل مشترك بين كيميائي ومهندس. كولمان Kuhlman، من شمال فرنسا، هو كيميائي أصبح تقنياً. وسنة 1867 أنشأت الشركة المعدنية الفرنسية هولتزر Holtzer مع عالم الكيمياء بوسانغوه Boussingault، والمهندس بروستلان Brustlein، أوّل مختبر مصنع فعلي وقد أعدّ لوضع أنواع الفولاذ الخاصّة. بعد ذلك أصبح لدى الشركات الكبيرة الكيميائية أو المعدنية مختبراتها الخاصّة حيث يتعاون العلماء والتقنيون. هنا تتلاشى الحدود بين المعرفة العلمية والمعرفة التقنية.

كذلك نذكر مسألة الطاقة الذرّية؛ ندرك جيّداً أنّ الصناعة الذرّية لم تكن لترى النور دون النظرية المناسبة. ولكن مع نفس الفروقات، نفس المعلومات الملحقة التي تسمح بالانتقال من المختبر إلى المصنع.

صورة مشوّشة

استطراداً لم يتوقّف وضع المعرفة التقنية عن التعقّد، وهذه الكلمة هي أضعف من أن تعبّر.

يمكننا أن نتصوّر قطعاً مكافئاً، رأسه إلى الأعلى. من جهة، هناك تقنيات يمكن تسميتها بالنموذجية، وهي دائماً التقنيات التي يبقى فيها الحركة والكلام أمرين أساسيين. صحيح أنّها تنزع نحو التضاؤل، نحو الاختفاء، ولكنّنا نلتقيها ثانية في بعض الحرف الحديثة التي تختلف عنها رغم هذا من حيث مجموعة الأدوات الأكثر تكيّفاً وأيضاً من حيث منتجات قابلة للإستعمال أصبحت أكثر كمالاً. هنا لم يعد الحركة والكلام سوى تابعين: يجب أن نركّب، بواسطة مجموعة أدوات معيّنة، ومتقنة، جهازاً مقدّماً لنا مسبقاً. وندرك هذا بملاحظتنا أنّ عدداً كبيراً من حرف اليوم يتعلّق بالتجهيز وبالتصليح.

وهناك فرق شاسع بين هذا المستوى النموذجي والمستوى الذي يليه، أي المستوى الذي يضع الأدوات والأغراض التي يجب تجهيزها. هناك السمكري، وعامل الكاراج من جهة، ومن جهة أخرى هناك الصنبور الخلاّط والمكربن وجهاز الأدوات. هنا ندخل في تركيبة معقّدة وواسعة تبرز فيها وفي آن واحد معلومات تقنية واحتياجات علمية، على أصعدة مختلفة تبعاً للحالة. ومعلومات علمية واحتياجات تقنية. الكلّ ممتزج بشكل لا نميّز معه العلاقات كما يجب، ولكن نشعر بأنّ هذه العلاقات كثيرة: المادّة المصنوعة منها الأداة، الأشكال المحسوبة للغرض المطلوب صنعه، التطوّر العام للعملية التقنية، كلّها أمور تعطي للمظهر العلمي أسبقية لا يُحاول أحد معارضتها، وإن كان لقاء هذا التخمين الذي أشار إليه بلونديل.

وقد ذهبنا بعيداً جدّاً في هذه الطريق، إذ لم يعد بالإمكان وجود تقنية دون علم. لقد امتزج كلّ شيء، حتماً، لأنّنا أصبحنا بصدد نشاطات اقتصادية، ومسائل فائدة. والمخطّط العلمي يبقى دوماً مختلفاً عن المخطّط التقني، بالرغم من العلاقات الوثيقة القائمة بينهما. بعكس الصيغة العلمية، يمكن للصيغة التقنية أن تكون موضوع براءة، والبراءة بصفتها شرحاً وإن اقتضى الأمر رسماً، هي حقّاً أساس المعرفة التقنية؛ على أيّ حال إنّها هي التي تنقل، معظم الأحيان، التجديدات التقنية. إذن في البراءات يمكن البحث عن الحدود بين المعرفة العلمية والمعرفة التقنية.

لا يوجد معرفة علمية معزولة لأنّ هناك نظاماً علمياً: يبرز لنا هذا الأمر عبر تصنيفات العلوم. والشيء نفسه حتماً بالنسبة للتقنية: فهناك أنظمة تقنية يرتبط فيها كلّ شيء وتكون

المعرفة التقنية بالضرورة متعدّدة العناصر. ولكن يوجد بين نوعي المعرفة هذين فرق أساسي؛ المعرفة العلمية هي رسمية بينما المعرفة التقنية هي معظم الأحيان عشوائية. تتعلّق الصعوبة الأولى بما كان يسمّى في الماضي بالتقويم وما نسمّيه اليوم بالتطوير. فللوصول إلى مرحلة النضوج يجب أن تترافق المعرفة التقنية، في كامل محيطها، بإضافات، بحيل، بتصحيحات: وقد يكون من المهمّ أن نحدّد هذه العملية الطويلة أحياناً. ولا نأخذ بعين الإعتبار الفوارق الزمنية ما بين «الفكرة» و «التنفيذ»، فهي تنطلق عامّة من اعتبارات مخططة تماماً، لا سيّما حول مفهوم الفكرة. لقد توصّلنا تقريباً إلى الإحاطة بالعمليات التي أدّت إلى طريقة بسمر Bessemer في التعدين، التي تنتظر من يكتب تاريخها كما جرى بالنسبة لمكنة البخار: في الواقع لقد قام المخترع، في مذكّراته، بتحوير الواقع تماماً. إذن نرى بسمر، عصامياً وليس مطبّقاً عملياً، عاملاً على كلّ البراءات السابقة ومستعيداً بمبدئها عملية تطبيقية كانت معروفة أصلاً. إنّ مجهوده الأساسي انصبّ على فرن التقطير وعلى أجهزة النفخ. وتعود البراءة الإنكليزية إلى 12 شباط 1856، ووجب في الحقيقة انتظار ستّ سنوات قبل تحقيق أوّل عملية صبّ صناعية، سنة 1862، بعد إسهامات سويدية وفرنسية. وشيئاً فشيئاً تشكّلت تقنية بسمر النهائية، وصولاً إلى توماس Thomas وطريقته في الفترة 1879-1881. ربّما يجب التعرّف إلى كلّ تفاصيل هذه القصّة، ولا سيّما البراءات المكمّلة.

أدّى التعقّد المتزايد للتقنيات الحديثة إلى مفاهيم جديدة تشوّش صورة المعرفة التقنية، وقد سبق أن أشرنا إلى الأمر بمعرض حديثنا عن الملكية الصناعية. لنذكر كلمة تعود إلى سنة 1961: «إنّ سرّ المهنة الصناعي يتعلّق بالمعلومات التطبيقية ـ الطرق والمعطيات ـ الضرورية من أجل استعمال فعّال وممارسة التقنيات الصناعية». هكذا، لم تعد المعرفة التقنية تكفي، إذ يجب إرفاقها بالمهارة: معلومات تقنية قابلة للنقل عبر أداء الخدمات الشخصية. لنذكر أيضاً عبارات من قرار محكمة دوي Douai في أيّار 1970: «كلّ العناصر ذات الطبيعة العلمية والتقنية». التي ترافق عملية اكتساب أو تحويل حقوق الملكية الصناعية، الدراسات التقنية، الأبحاث والمحاولات، المعلومات العلمية والتقنية بعدها سننظر إلى الأمر بوضوح أكبر؛ يمكننا أن نحدّد طريقة تقنية معيّنة بوضوح تام: لقد كان هذا دور البراءة. ولكن هذا لا يعني أنّه يمكن تطبيقه بنفس الوضوح، على الأقلّ خلال أمد عاجل. إنّ ما يهمّ حينها هو الطريقة التي انبثقت فيها الفكرة وكلّ خطوات التقويم، أي تاريخ الاختراع. بعد ذلك هناك تاريخ استعماله، الصعوبات التي ظهرت، الطوارىء، أي بكلمة تطبيق الطريقة. ونصل إلى اعتبار مختلف هذه العناصر بنفس أهمّية المعرفة البحتة. بهذا الصدد يمكننا تصوّر غنى محفوظات الشركات الصناعية.

إذن كان من الضروري أن يكون «سرّ المهنة» متبوعاً بعرض الطريقة، أي كلّ الأداءات الشخصية التي تكلّمنا عنها لتوّنا والتي تتعلّق في الواقع بمكمّلات المعرفة وبعضها يصعب وضعه كتابة ـ هنا يستعيد غالباً الحركة والكلام حقّاً معيّناً، ولكن أيضاً تأهيل جهاز العمل الذي سيأخذ على عاتقه الطريقة التقنية وفي بعض الحالات أولى عقود البيع.

تجدر الملاحظة أنّ كولبير Colbert عندما استورد تقنيات جديدة إلى فرنسا، كان قد أدرك ووعى إلى كلّ هذه المشاكل: والعقود التي وقّعت في ذلك العصر مع المقاولين الأجانب تتضمّن بنوداً شبيهة تماماً، من حيث ذهنيتها، بالعقود الحديثة لنقل التكنولوجيا.

بعدئذٍ أين نجد المعرفة التقنية؟ على ما يبدو أنّها تمدّدت في مجموعة تتضمّن القليل من كلّ شيء. فقط تنقصنا الدراسات المناسبة بهذا الخصوص.

ومن الطبيعي أن ننهي عرضنا بمسألة درست بصورة جيّدة: كيف ننقل المعرفة التقنية، كيف تكوّن التعليم التقني؟ لن نقوم بأكثر من لمس الموضوع لأنّه عولج كثيراً. إنّ تطوّر أشكال المعرفة التقنية أثّر حتماً في المحتوى: نلتقي هنا بنفس الأوالية كما بالنسبة للأدب التقني.

تقوم الفكرة الأولى على أساس المعرفة بواسطة الحركة والكلام. إنّ التمرّس هو الذي يستغني بالتحديد عن الأدب التقني، وقد كان بلونديل يصرّح لرجال مدفعيته: «إنّها مهنة لا يمكن أبداً تعلّمها بواسطة الكتب أو القوانين». ودالامبير: «ليست الكتب هي ما يعلّمنا العمل اليدوي». كذلك كان غارغانتوا Gargantua يتبع مربّيه إلى المحارف كي يتدرّب على الحياة التقنية. وأيضاً عندما أدخل كولبير التقنيات الأجنبية إلى فرنسا، استدعى العمّال الكفوئين مع تلزيمهم بتعليم هذه المهن لأهل البلد. وكانت ملتوسية الشركات هي التي أدّت إلى اختفاء التمرّس الذي نجمت عنه المدارس المهنية حيث كان يطبّق في الواقع تمرّس جماعي وكثير. لا شكّ في أنّ أولى هذه المدارس رأت النور بهدف عمل الخير، حيث لم يكن التمرّس مجانياً لأولاد الفقراء. ونشير، عند نهاية القرن التاسع عشر، في مدرسة مهنية مثل مدرسة ديدروه Diderot في باريس، إلى معارضة تطوير النظرية والدفاع عن الحركة والكلام.

أمّا في مجال الوصف والرسم، فقد كان يبدو أنّ المدرسة أصبحت عديمة الفائدة. بالمقابل كان النموذج طريقة تعليم عبر التبيان كادت تأخذ انتشاراً واسعاً، ولكنها جاءت متأخّرة. ونلمس هذا الأمر في مشروع لديكارت Descartes، وضع سنة 1648 وكان يهدف إلى إنشاء مدارس مهنية «من أجل تحسين الفنون». «إقامة المعهد الملكي، وفي أماكن أخرى تخصّص للجمهور، صالات كبيرة متنوّعة للحرفيين؛ [...] بكلّ صالة إلحاق حجرة

تمتليء بكلّ الأدوات الميكانيكية الضرورية أو المفيدة للفنون [...] تخصيص مقدّرات كافية ليس فقط لتغطية النفقات التي تستدعيها التجارب، بل أيضاً لتأهيل الأساتذة والمعلمين». ونعرف أنّ إحدى المؤسّسات القلائل التي تطابق هذا الشكل من التعليم كانت كونسرفاتوار الفنون والمهن الذي تأسّس في ظلّ الثورة.

النوع الثالث من التعليم يتعلّق بالتقنيات التي تقترب من العلوم، وإنّه لذي دلالة أن نستنتج ما هي هذه التقنيات لنضع جانباً مدرسة المهندسين في جامعة لايدن Leyde التي عهدت سنة 1600 بمهمّة تدريس الرياضيات لستيفن Stevin. لنضع أيضاً جانباً مشروع ديكارت، لسنة 1648، الذي كان يطالب «بمعلّمين مهرة في الرياضيات والفيزياء بهدف التمكّن من الإجابة عن كلّ تساؤلات الحرفيين ومن تعليل كلّ الأمور وتشجيعهم على اكتشافات جديدة في الفنون».

أحد أفضل الأمثلة نجده في فرنسا من حيث الفكرة التي كوّنتها عن المدارس من أجل نقل معرفة تقنية مشبعة بالعلم. أولى المدارس كانت مدارس طوبوغرافيا البحار، المكلّفة بتعليم قواعد الملاحة البحرية، منذ سنة 1682، لهدف سياسي محدّد جدّاً. ثمّ أصبح نحو منتصف القرن الثامن عشر لكلّ تقنية علمية مدرستها: الجيش مع مدارس المدفعية، مع مدرسة الهندسة في مزيير Mézières (1748)، مع المدرسة العسكرية (1751). ولكن نشير في نفس الوقت إلى مدرسة الجسور والطرقات (1747)، مدرسة صانعي السفن (1763)، مدرسة المناجم (1783). ونشعر تماماً بأنّ باعثي هذا النوع من التعليم كانوا مقتنعين بأنّ العلم هو من عناصر المعرفة التقنية المهمّة. كلّ هذه الجهود توّجت بإنشاء المدرسة متعدّدة الفنون (البوليتيكنيك)، أي المعدّة لإعطاء كلّ تقنيي الدولة التأهيل العلمي، النموذجي ذلك العصر، الضروري لتطبيق التقنية. إنّ تطوّر المعرفة التقنية في بعض الميادين يُترجم فعلاً بتعليم هذه التقنيات. وما هو مهمّ للغاية هو أن نعرف بالضبط ماذا كان يعلّم حقّاً في جميع تلك المدارس. بالطبع تعطينا كلّ الأبحاث التقنية التي حرّرها معظم معلّميها فكرة جيّدة عن أشكال المعلومات التقنية التي كانت تُكتسب فيها، ولكن تبقى بعض التفاصيل المهمّة التي تنقصنا.

كما رأينا، وكما يمكن أن نتكهّن، لم يكن الأمر سوى عبارة عن مجرّد محاولة، ومن المستحسن أن يُعاد البحث لا بل أن يُباشر به. وتجري المحاولة للقيام به في عدّة جهات، دون تنسيق، وأحياناً دون الإمكانيات الكافية. إنّ التقنية تشكّل قسماً كاملاً من تاريخ الأفكار، لكنّها بقيت مهملة لفترة طويلة جدّاً.

برتران جيل
Bertrand GILLE

بيبليوغرافيا

من الناحية العامة

غ. باشلار G. Bachelard، «La Formation de l'esprit scientifique»، الطبعة الثامنة، باريس، 1972.

غ. باشلار، «Essai sur la connaissance approchée»، الطبعة الرابعة، باريس، 1973.

ج. بياجيه J. Piaget (مشرف)، «Logique et connaissance scientifique»، ضمن «موسوعة الثريا»، باريس، 1967.

«La Mathématisation des doctrines informes»، مؤتمر، باريس 1972 .عن

الدراسات القطاعية

د. س. كاردويل D. S. Cardwell، «From The Watt to Clausius. The rise of the thermodynamies in the early industrial age»، لندن، 1971.

ب. شاربونييه P. Charbonnier، «Essais sur l'histoire de la balistique»، باريس، 1928.

ل. س. هانتر L.C. Hunter، «Les Origines des turbines Francis et Pelton: développement de la turbine hydraulique aux Etats - Unis de 1820 à 1901» . في «مجلّة تاريخ العلوم»، XVII، 1965، ص 209-242.

هـ. روز H. Rose وس. إنس S. Ince، «History of Hydraulics»، نيويورك، 1957.

ش. س. سميث، C.S. Smith ، «Sources of the history of the science of steel». كامبردج، 1968.

ش. س. سميث، «History of mettallography»، شيكاغو، 1960.

بالنسبة للعصر القديم:

ب. جيل Gille، «Les Mécaniciens grecs»، باريس، 1978.

ب. تانري P. Tannery، «L'Arithmétique des Grecs dans Héron d'Alexandrie»، في «المذكّرات العلمية»، المجلّد I، باريس، 1912، ص 181-212.

ب. تانري، «La Science de Vitruve et de Frontin»، في «المجلّة اللغوية»، XXI، 1897، ص 118-127.

ج. ب. فيرنان J.P. Vernant، «Remarques sur les formes et la limite de la pensée technique chez les Grecs». في «مجلّة تاريخ العلوم»، 1957، ص 205-225.

بالنسبة للقرون الوسطى:

ج. بوجوان G. Beaujouan، «L'Interdépendance entre la science scolastique et les techniques utilitaires (XII^e - XIV^e siècle)»، باريس، 1957.

ج. بوجوان، «Réflexions sur les rapports entre théorie et pratique au Moyen Age».

في كتاب ج. إ. مردوك J.E. Murdoch وإ. د. سيّلا E.D. Sylla، «The Cultural context of Medieval Learning»، دوردرخت، 1975، ص 437-484.

أ. سين A. Sene، «Quelques instruments des architectes et des tailleurs de pierre au Moyen Âge, hypothèses sur leur utilisation» ضمن «نتائج مؤتمر مؤرّخي القرون الوسطى للتعليم العالي»، بيزنسون، 2-4 حزيران 1972، باريس، 1973، ص 39-58.

ر. شيلبي R. Shelby، «The Geometrical Knowledge of Medieval Master Masons» في «سبيكولوم Speculum»، XLVII، 1972، ص 395-421.

ب. شتيرناغل P. Sternagle، Die «artes mechanicae» im Mittelalter: Begriffs - und Bedeutungs geschichte bis zum Ende des 13 Jahrhunderts، كالموتز Kallmütz، 1966.

إ.ج. ر. تايلور E.G.R. Taylor، «Mathematics and the navigation in the XIII th. Century» في «مجلّة معهد الملاحة»، XIII، 1960، ص 1-12.

س. ك. فيكتور S.K. Victor، Practical Geometry in the High Middle Ages: an Edition with Translation and Commentary of the Actis cuiuslibet commensuration»، هارفرد، 1973.

بالنسبة للعصر الحديث:

ب. ليون P. Leon، «Les Techniques métallurgiques dauphinoises au XVIIIe siècle»، باريس، 1961.

ر. ك. مرتون R.K. Merton، «Science, technology and society in seventeenth century England»، نيويورك، 1970.

أ. ماسون A.E. Musson، «Science, technology and economic growth in the 18th century»، لندن، 1972.

أ. وولف A. Wolf، «History of science, technology and philosophy in the 16th and 17th centurys»، لندن، 1935، الطبعة الثانية منقّحة، 1950.

أ. وولف، «History of science, technology and philosophy in the 18 th century»، نيويورك، 1939، الطبعة الثانية منقّحة، 1952.

بالنسبة للفترة المعاصرة:

لقد استفدنا من بعض السير الحياتية وليس بالإمكان ذكرها جميعاً، لذا نختار بعض الحالات الخاصة:

عن ستيفن:

ر. دوبو R. Depau، «S. Stevin»، بروكسيل، 1942.

إ. ج. ديكسترويس Dijksterhuis، «S. Stevin»، لاهاي، 1943.

أ. ج. فان دي فالد، «S. Stevin»، بروكسيل، 1948.

عن روبرفال:

ل. أوجيه L. Auger، «Un savant méconnu, Gilles Personne de Roberval»، باريس، 1962.

عن ريومور:

ج. تورلي J. Torlais، «Réaumur»، باريس، 1936.

عن مونج:

ر. تاتون R. Taton، «L'œuvre scientifique de Monge»، باريس، 1951.

وهناك الكثير من المراجع حول التعليم التقني:

إ. لوغوه Y. Legoux، «Du compagnon au technicien. L'école Diderot et

«l'évolution des qualifactions (1873 - 1972)»، باريس، 1972.

أ. ليون A. Leon، «Histoire de l'éducation technique»، باريس، 1968.

ب. نافيل P. Naville، «Théorie de l'orientation professionnelle»، باريس، 1972.

ر. تاتون R. Taton (مشرفاً)، «L'Enseignement et la diffusion des sciences au XVIII^{e} siècle»، باريس.

جدول زمني

الجدول التزامني، الموجود هنا، ليس سوى سبيل باق توجّهه الظروف الماديّة على أعمدة أربعة. كان يجب تخصيص مكان أكبر لتوزيع تقنيات تبتعد غالباً إحداها عن الأخرى. كذلك كان يجب بعد ثالث من أجل المناطق الجغرافية بغية قياس الفوارق والتطابقات. بعبارة أخرى، ربّما كان يلزم وضع أطلس حقيقي.

لقد كان الموضوع غنياً، ولذا وجدنا صعوبة في الاختيار. قمنا باستبعاد ما يمكن إيجاده في مجلّدات أخرى من المجموعة: الأحداث التاريخية الكبيرة، الاكتشافات العلمية.

إنّ أعمدة هذا الجدول الأربعة تطابق الميادين التالية:

1 ـ **الاستثمار**: طاقة، زراعة، حراجة، صيد حيوان وطير، صيد سمك، مناجم، صناعة تعدينية كبيرة.

2 ـ **التحويل**: تحويل المواد، طرق حرارية، كيميائية، فيزيائية أو ميكانيكية، مواد اصطناعية وكلّ المكننة المتعلقة بها.

3 ـ **الصناعة الحرفية**: صناعة المواد والأغراض الاستهلاكية والمكننة العائدة إليها، التعليم التقني.

4 ـ **المكان**: بناء، تنظيم المدى الجغرافي، مواصلات، فنون عسكرية.

	استثمار	تحويل
3000000 قبل الميلاد العصر الباليوليتي الأقدم. إنسان أوسترالبا في أفريقيا الشرقية	قطاف، صيد	نحت، وتدبير الأحجار، حضارة الحصى. 40 سم حداً قاطعاً مقابل 1كلغ من المادة
600000 ق.م العصر الأبفيلي (الشلّي)	النار قرب إيكسان ـ بروفانس Aix-en-Provence ثم في هنغاريا والصين	السلاح الصوّاني. 100 سم حداً قاطعاً مقابل 1كلغ
480000 ق.م العصر الكلاكتوني إنسان جاوة، إنسان الصين		صناعة الشرارات.أولى الأدوات المتناظرة
250000 ق . م العصر الأشليّ		تحسين صناعة الشرارات.3م حداً قاطعاً مقابل 1 كلغ
العصر الباليوليتي الأوسط		أدوات من الشرارات ذات شكل محدّد مسبقاً.
150000 ق. م العصر الموستيري والليفالّي		4 م من الحد القاطع مقابل 1كلغ
50000 ق. م عصر النياندرتال والباليوليتي الأقرب		أغراض من العظم. تطوير الأدوات والأسلحة العظمية
35000 ق. م، إنسان كرومانيون		
30000 ق. م الأورينياسي		10م من الحد القاطع للكلغ
18000 ق. م، البلستوسيني		إبر من العظم، مضاعفة الأدوات
15000 ق. م، المجدلاني	القطاف والصيد مسّهلين بمجموعة أدوات متنوّعة	أدوات متقنة من العظم والعاج، سهم، رمح، قوس، خطّاف، الخ
النيوليتي «الثورة النيوليتية من 8000 ق. م إلى 6000 ق. م	9000 ق. م تدجين محتمل للخروف شمالي العراق	
8000 ق. م	مصادر أكثر منهجية للفجيليات في العراق وفلسطين.7500 ق. م ظهور الماعز	تطور الأدوات العظمية أدوات للحصاد
الألف السابع ق. م	تعميم زراعة القمح، الشعير، الذرة البيضاء شرقي البحر الأبيض المتوسط	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
		3000000 ق.م العصر الباليوليتي الأقدم. إنسان أوستراليا في أفريقيا الشرقية
		600000ق.م العصر الأبفيلي (الشلّي)
		480000 ق. م العصر الكلاكتوني إنسان جاوة، إنسان الصين
		250000 ق . م العصر الآشليّ
	مخيّم بانسفان Pincevent	العصر البابولتيي الأوسط
		150000 ق. م العصر الموستيري والليفالّي
استعمال المغرة. أولى أدوات الزينة: الأنواط في أرسي ـ سور ـ كور. الملوّنات؛ أولى الأعمال الفنية صفائح منقوشة	تطوّر المسكن	50000 ق. م النياندرتال والباليوليتي الأقرب
		35000 ق. م، إنسان كرومانيون
تماثيل صغيرة. أولى المصوّرات الواقعية		
أولى المعابد الجدارية		30000 ق. م، الأورينياسي
صفائح منقوشة وملونة نقيشات	معابد وكتل منحوتة	18000 ق. م، البلستوسيني
أوعية ومصابيح، كثرة أدوات التزيين، نقيشات، تطوّر نحو التصوير	تحسين المسكن الصخري، أكواخ ترابية. مضاعفة المعابد	15000 ق. م، المجدلاني
	في نهاية الفترة، تراجع عدد المعابد الجدارية	النيوليتي «الثورة النيوليتية من 8000 ق. م إلى 6000 ق. م
أثاث، قصعات، مطارق لتحضير الغذاء		8000 ق. م
	أول مكان إقامة في العراق، أماكن حفظ البندور، جرش، رأس الشمرة، هاسيلار	الألف السابع ق. م

	استثمار	تحويل
	تعميم تربية الخراف والماعز. 6200 ق. م تربية الماعز، الخروف، الخنزير والثور في نيانيكوميديا	6200 ق. م خزف في سسكلو ونيانيكوميديا
	6600 ـ 6300 ق. م إنتاج محتمل للرصاص والنحاس في ساتال ـ هويوك (الأناضول)	
الألف السادس ق. م	ظهور أولى النباتات المزروعة في المكسيك نحاس في هاسيلار	تعميم الخزف في الأناضول، إيران، سوريا والتراس
		5200 ق. م، خزف في قبرص
الألف الخامس ق. م	امتداد الزراعة والتربية إلى الشرق الأدنى. بداية زراعة الكرمة. 5000 ق. م نشأة جرمو، التي أسسها المزارعون	4600 ق. م خزف في جرمو
الألف الرابع ق. م	إنشاء الزراعة في المكسيك	
	3500 ق. م، نحاس في الصين. 3500 ـ3200 ق. م برونز في أور. زراعة وادي النيل، ربّما تربية الحمار. نظام تقني في ما بين النهرين شبيه بالنظام المصري	الصباغ بالمغرة
الألف الثالث ق. م	امتداد زراعة الكرمة من البحر الأسود إلى السند. في مصر، تدجين الثور، الخنزير، الخروف، الأوزّ، الزروع (قمح، شعير، ذرة بيضاء)، السنفيات (عدس، فول، بصل، حمص). تطوّر زراعة الأشجار (رمّان، تين، عنّاب). شغل الذهب الفضة والرصاص.	المجرفة والمحراث البسيط في مصر
	2800 ق. م، بداية محتملة لتدجين الحصان في بلاد ما بين النهرين	
	2700 ق. م، مناجم النحاس في سيناء والنوبة	أسافين، مثاقب، مخارز، أولى الأدوات الحديدية

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
مرآة السبج في ساتال ـ هويوك	ساتال ـ هويوك في الأناضول	
شغل الصوف في ساتال ـ هويوك	إقامة في بلاد ما بين النهرين، سوريا، لبنان، الأناضول، مقدونيا، تساليا	الألف السادس ق. م
	أكروبوليس ديميني وسسكلو (اليونان)	
	حضارة نيوليتية أوّلية في سسكلو وديميني (تساليا)، أكروبوليس مع قصور ـ قلاع. إقامة في مصر	الألف الخامس ق. م
	إقامة شعوب السودان في البلوشيستان	الألف الرابع ق. م
نسيج الكتان في مصر ظهور دولاب الخزّاف في ما بين النهرين. 3500ـ3200 ق. م ظهور الكتابة في مصر	سدّ حلوان في مصر (؟)	
دولاب الخزّاف في اليونان.	احتمال وجود المعجّلة في أوروك IV. تأسيس طروادة في الأناضول. ولادة المدينة. أسوار جرش. إنتشار الحصن في ما بين النهرين. قبور، بناء من الآجرّ الجاف، قنطرة نصف اسطوانية في مصر	الألف الثالث ق. م
دولاب الخزّاف في وادي السند	2800 ق. م، الأهرام المدرّجة في سقارة في مصر. بداية البناء الحجري	
أدوات النحاس المطروق في مصر	أولى الأهرام الكبيرة في الجيزة	
	2680 ق. م، أهرام ميدوم ودحشور مزدوجة الانحدار في مصر. بداية القنطرة الحجرية بعقد كامل	
شغل الجلد، الخشب، المعدن (مصطبة تي)		

	استثمار	تحويل
	2560 ق. م، مصطبة تي صيد السمك بالقفّة.	2560 ق. م، تدلّ مصطبة تي على مجموعة أدوات مطوّرة زراعية وحرفية
	2500 ق. م، برونز في ما بين النهرين	
	2400 ق. م، صيد بواسطة الصقر في مصر	
	2160 ق. م، تداول استعمال البرونز في مصر	
	2050 ـ 2000 ق. م، مشاهد صيد السمك، والبستنة (قبر مخرته، مصر)	
الألف الثاني ق. م،	عصر البرونز في أوروبا الوسطى، في إيطاليا واليونان. صناعة الحديد عند الحثّيين	
	1940 ق. م، أول تصوير لحمار أليف في مقبرة بني حسن	
	1760 ق. م، تربية الحيوانات في الصين	1700 ـ1600 ق. م، بدايات صنع الزجاج في مصر، تلوينه بالأكسيدات المعدنية
	1675 ق. م، ربّما نقل الهكسوس الحصان إلى مصر	مجارف، محراث قبضة ـ مزحف في مقابر وادي الملوك
		1550 ـ 1500 ق. م، تطوّر صناعة الزجاج في مصر
		1500 ق. م، ظهور الآجر المطلي في مصر
	1450 ـ 1400 ق. م، عصر البرونز في اسكندينافيا	
	1425 ق. م، تقنية تربية النحل في مصر	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
أنوال للنسيج عامودية في مصر		
2050 ـ 2000 ق.ـم، مشاهد حرفية، غزل، نسيج (مجسّمات من قبر مخرته)		
دولاب الخزاف في الصين	2000 ـ1800 ق. م، الحثيين في الأناضول. تنظيم الفيوم بإنشاء بحيرة قاروم وقناتها. حضارة المغليثات على الساحل الغربي لأوروبا الغربية	الألف الثاني ق. م،
نول للغزل أفقي في مقبرة بني حسن	1970 ق. م، البدء ببناء معبد الكرنك، نقل الأحجار على المزالج	
1760 ق. م، الكتابة في الصين	1800 ق. م، أولى القصور في كريت	
1760 ق. م، الكتابة في الصين	1800 ـ 1700 ق. م، الأبراج المتحركة في أحصنة المدن	
تحسين تقنيات النسيج والصباغة في مصر		
استعمال نافثة النار للطلاء	1500 ـ 1480 ق. م، حكم الملكة حتشبثوت: إقامة مسلاّت الكرنك بواسطة الرافعات والسطوح المنحدرة. مزاول شمسية في مصر	
بعد 1500 ق. م، سلالة الشانغ Chang: وضع تقنية اللك الصينية (البرنيق الصيني). أولى الأنسجة الحريرية		
	1400 ق. م، بدء بناء معبد الأبصر. ساعة مائية في مصر	

	استثمار	تحويل
	1415 ق. م، محراث القبضة ـ المزاحف المعلّق بثورين مكدونين في مصر. أنظمة الري في مصر	
	1400 ق. م، عصر البرونز في الصين	
	1200 ق. م، تقدّم تعدينْ الحديد في اليونان وفي الحوض الشرقي للبحر المتوسّط	
	1160 ق. م، تداول استعمال البرونز في مصر	
	نحو 1000 ق. م، ظهور الحصان في اليونان	
الألف الأول ق. م		
القرن العاشر ق. م	زراعة الذرة البيضاء، الأرزّ والشعير في الصين	
	بين 950 ـ 500 ق. م، حضارة الهالستات الإيلّيرية تفرض نفسها في أوروبا: العصر الحديدي الأول. العصر البرونزي الأوسط في جرمانيا شمالي ـ غربي أوروبا	
القرن التاسع ق. م	860 ق. م، العصر الحديدي الأول في إترووريا. الحضارة الفيلاّنوفية في توسكانا واللاتيوم	
	800 ق. م، تدجين الجمل	
القرن الثامن ق. م	بين 800 ق. م، و600 ق. م، عصر البرونز في الشمال	
	770 ق. م، عصر الحديد في الصين. «الأعمال والأيّام» لهسيود	
	712 ـ 663 ق. م، تعدين الحديد في مصر	
	700 ق. م، أقلمة القطن في أشور	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1345 ـ 1346 ق. م، كنوز توت عنخ أمون		
	1314 ـ 1200 ق. م، بدء سنونة الأطراف الخشبية في بناء معبد أبيدوس	
	1200 ـ 1100 ق. م، ظهور حضارة المرمدات في أوروبا الوسطى. زقّارة أور	
	بين 1060 ق. م، و950 ق. م، مقابر تنيس ودير البحري	الألف الأول ق. م
	1000 ق. م، بدء بناء الهيرايون في أولمبيا، من الخشب	القرن العاشر ق. م
	نحو 900 ق. م، أولى المستعمرات الإغريقية في آسيا الصغرى	القرن التاسع ق. م
	776 ق. م، بدء الألعاب الأولمبية	القرن الثامن ق. م
	753 ق. م، تأسيس روما	

	استثمار	تحويل
	بواسطة سنحاريب	
القرن السابع ق. م		
القرن السادس ق. م	نحو 600 ق. م، إنتاج الفضة في تاسوس وفي سيفونو مناجم اللوريون	الأفران المعدنية ذات المداخن في أغروس سوستي
	إدخال الكرمة عن طريق الإغريق إلى بلاد الغال	نحو 550 ق. م، احتمال أن يكون رويكوس هو مخترع صبّ البرونز في قوالب. ظهور حجر الرحى المخروطي في اليونان. ظهور المكبس بالرافعة والثقّالة نحو 513 ق. م، القانون الإمبراطوري في دولة تسين T'sin منقوشاً على قدر حديدي ثلاثي القوائم
القرن الخامس ق. م	نحو 484 ق. م، انطلاقة مناجم اللوريون. تطوّر البئر العامودي	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	نحو 750 ق. م، الاستعمار الإغريقي في صقلية وجنوبي إيطاليا	
نحو 675 ق. م، بداية سكّ النقود في آسيا الصغرى		القرن السابع ق. م
نحو 650 ق. م، أولى النقود الإغريقية	نحو 650 ق. م، في اليونان بدء استبدال الخشب بالحجر في بناء المعابد	
نحو 650 ـ 600 ق. م، الاختراع الأسطوري لعدد كبير من الأدوات من قبل ديدالوس ومقلّديه: منشار، بليطة، شاقول، عجلة، بركار		
585 ق. م، تاليس الميلي، عالم وتقني	نحو 600 ق. م، مستعمرات إغريقية في بونتسكان. تأسيس مرسيليا. بداية التفكّر العلمي والتقني في المدرسة الأيونية. محاولة شقّ مضيق كورينثيا	
نحو 550 ق. م، أوج صناعة الخزف الإغريقية بأشكال سوداء، وبداية خزف الأشكال الحمراء	نحو 550 ق. م، نفق ساموس بواسطة أوبالينوس. قناة بيزيسترات في أثينا	
نحو 530 ق. م، أولى آلات الرافع. دراسة شرسيفرون وميتاجين (إيفيزيوس)	نحو 530 ق. م، استعمال الحجر لسطح معبد أبولّون في كورينثيا	
	نحو 500 ق. م، دراسة زنغ غونغ ليانغ في التقنية العسكرية. أول سور محصّن في أثينا	
	نحو 479 ق. م، بداية بناء البيريوس (البيرية)	القرن الخامس ق. م
	نحو 470 ق. م، اختراع عقد القنطرة الأسطوري بواسطة ديموقريط الأبديري. أعمال بحيرة كوبي من قبل كراتيس دو شالكيس. إعادة تعمير جدران أثينا	
450 ق. م، تطوّر الآلية المنسوبة إلى		

	استثمار	تحويل
القرن الرابع ق. م	تحسين زراعات السباخة في اليونان	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
أرخيتاس: اللولب، البكرة، الخ. الأوتومات الأول (اليمامة الطائرة). طواحين أو معاصر الزيت في اليونان بواسطة الرحى الدائري		
	بين 470 ق. م، و430 ق. م، أشغال هيبوداموس المدينية (ميليه، بيرايوس، رودس..)	
	447 ـ 432 ق. م، البارتينون	
	437 ـ 432 ق. م، البروبيليه	
	430 ـ 410 ق. م، الإرختيون	
	نحو 425 ق. م، ارتيمون الكلازوميني مهندس بيريكليس	
	نحو 424 ق. م، 387 ق. م، سي من بو يأمر بحفر اثنتي عشر قناة في نهر تشانغ (رافد من النهر الأصفر)	
	409 ق. م، هنيبعل يأخذ سيلينونت برحبة مهمّة من الأسلحة والآلات الحربية	
	407 ق. م، جيش داريوس يجتاز البوسفور على الجسر الذي بناه ماندروكليس الساموسي	
	بين 405 ق. م، و367 ق. م، دنيس الأول طاغية سيراكيوس يطوّر آلات الحرب. ظهور مدفعية المنجنيقات ذات الحبال	القرن الرابع ق.م
	387 ق. م، أفلاطون يؤسّس أكاديمية أثينا نحو 350 ق. م، تقوية الأبنية الحجرية بواسطة سلاسل وقطع على شكل T (دلفس)	
إدخال اللبّاد إلى الصين		
	346 ـ328 ق. م، فيلون الأثيني يبني ترسانة بيرايوس ويكتب دراسة في نسب بناء المعابد ودراسة في فنّ الحصار	

	استثمار	تحويل
	نحو 300 ق. م، دراسة في الزراعة للقرطاجي ماغون. اختراع السرج والشكيمة في آسيا الوسطى	بداية صناعة الورق في آسيا
القرن الثالث ق. م		
	234 ـ 149 ق. م، كاتون القديم. دراسة في الاقتصاد الزراعي. مقالات سارسينا الأب والابن في الزراعة	
القرن الثاني ق. م		

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	340 ق. م، بوليدوس، مهندس فيليب المقدوني، يحسّن آلات الحرب	
	بين 336 ق. م، و330 ق م، حملات الإسكندر يساعده المهندسان ديادیس وشارياس. دراسة ديادیس في آلات الحرب	
	335 ق. م، أرسطو يؤسّس معهد أثينا	
	312 ق. م، أوّل قناة رومانية (آبيا)	
	305 ق. م، بطليموس الأول سوتير ملك مصر يؤسس متحف ومكتبة الإسكندرية	
	بين 300 ق. م، و275 ق. م، الرعيل الأول من علماء الإسكندرية: الطبيب هيروفيل، الفيزيائي ستراتون دولامبساك، الهندسي اقليدس بين 300 ق. م و283 ق. م الفشل الثاني في شقّ مضيف كورينثيا.	القرن الثالث ق. م
بين 270 ق. م، و250 ق. م، تطبيق ميكانيك كتيسيبوس في الإسكندرية: الأرغن، الهيدرولي، المطحّة الدافعة والرافعة، آلات الحرب، الساعة المائية	نحو 283 ق. م ـ 280 ق. م، بناء منارة الإسكندرية من قبل سوستراتوس نحو 290 ق. م، بدء بناء معبد إدفو في مصر	
287 ـ 212 ق. م، أعمال أرخميدس حول الرافعة، الهيدروستاتيك، وآلات الحرب		
بين 250 ق. م، و220 ق. م، النحو الميكانيكي لدى فيلون البيزنطي. هوائيات، أوتومات، ساعات مائية، آلات حربية. ظهور التشبيكات بالعجلات المسنّنة	بين 260 ق. م، و220 ق. م، الجيل الثاني من علماء الإسكندرية: الفلكيان أريستارك وكونون الساموسي. الجغرافي إيراتوستين، الطبيب إيرازيسترات	
بروكار الحرير في الصين	نحو 217 ق. م، إنهاء بناء سور الصين	القرن الثاني ق. م
نحو 150 ق. م، «النحو الميكانيكي»		

	استثمار	تحويل
القرن الأول ق. م	116 ـ 27 ق. م، مقالة فارون في الزراعة	اعتماد المنفخ في الأفران التعدينية في الأراضي الرومانية
	ظهور الأرنب في إيطاليا. تمييز أعراق الدجاجيات. تفريخ صناعي. ظهور البطّ الأليف	المكابس اللولبية
	38 ق. م، طاحونة مائية في قصر ميتر يدات في كابيرا	
	30 ق. م، مقالة في الزراعة لـِ كولوميل	
		عام 20، ظهور الزجاج المنفوخ في روما
القرن الأول	المحراث العادي الغالي، يدخل إلى سهل البو	85(؟) الاستعمال الأول (؟) في الصين للبارود في الألعاب النارية
القرن الثاني	ناعورة مائية في أفاميا في الأناضول. الكون الحديث للجواد على نقيشة هان.	الزجاج الروماني نصف الشفاف
القرن الثالث	بداية انتقاء الخيول عند الساسنيين. ظهور نبتة الجنجل في أوروبا الغربية.	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
الذي يستعيد فيه هارون الإسكندراني أعمال سابقيه، يطوّرها ويكمّلها. أوّل سلاح فولاذي الشفرة (القذّافة)		
	قناة برغام المائية مع رشافين	القرن الأول ق. م
	نحو 80 ق. م، قنال ماريوس بين آرل وفوس	
في إيطاليا، مضاعفة مجموعة الأدوات، ظهور المنجر، المنشار ذي الإطار، الأسافين المحورية، المثقاب، الإفريزة، المشعب، المبارد، المنفخ ذي الوضع الزاوي	58 ـ 51 ق. م، غزو بلاد الغال. سفن بسيطة الإزار	
	45 ق. م، التقويم اليوليوسي	
	نحو 50 ق. م، مقالة في الآلات الحربية الأثينية	
	30 ق. م، «دي اركيتكتورا» لفيتروفيوس	
	27 ق. م، استعمال القبّة في البانشيون	
دولاب المغزل اليدوي في الصين التي تستورد القنب والكتّان من تركستان	12، شق قناة دروسوس التي تربط الراين ببحر الشمال	القرن الأول
	نحو 47 ـ 48، قناة كوربولون بين نهري الراين والموز	
	52، إنهاء قناة كلاوديوس المائية في روما. عمل بليني القديم. فنون حصار أبولودور الدمشقي	
	97، مقالة فرونتينوس في الأقنية المائية	
	سدّ غلا نوم (سدّ ـ عقد)	القرن الثاني

	استثمار	تحويل
	طواحين باربغال (بروفانس)	
القرن الرابع		إدخال الصابون الغالي إلى روما
	إدخال القطن إلى الصين	استعمال الآجر المشوي لدى قبائل المايا
القرن الخامس	تكييف الجمل مع العمل عن طريق العرب	صناعة الزنجفر (القرمزي). استعمال أكسدة الزرنيخ في أوروبا
	تقدّم زراعة الفوّة في بلاد الغال	
القرن السادس	نحو 552، إدخال تربية دود الحرير إلى القسطنطينية	
	533 ـ 546، أول دراسة صينية في علم الزراعة من قبل كياسو ـ سي	
القرن السابع	الطواحين الهوائية في الهضبات الإيرانية	بدايات التلحيم في مناطق الأنديس
	نحو 632، بدايات الجواد الفارسي أو العربي لدى الفاتحين المسلمين	
القرن الثامن	زراعة القطن في إسبانيا. أولى السكك غير المتناظرة (للحراثة) في تشيكوسلوفاكيا	محارف تعدينية في زيليتشوفيس (بوهيميا)، أفران الصلصال الصامد وذات النفخ الصناعي
	انطلاق تربية دود الحرير في صقلية وإسبانيا	بداية الخزف المبرنق (طلاء شفّاف قوامه الرصاص)
القرن التاسع	ظهور البيطرة المسمارية للجياد في الغرب وفي بيزنطية	
	استعمال قربوس السرج وسلسلة اللجام	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
تزيين الزجاج بورقة الذهب في وادي الموزيل والراين، في كالابر، في قبرص. ظهور محلج النسّاج في الغرب		القرن الثالث
	عقد القبّة لدى المايا: قنوات ومجارير	القرن الرابع
	395، انفصال الإمبراطورية الغربية عن الشرقية	
ظهور طلائع البورسلين في الصين	مقالة فيجيس في التنظيم العسكري	القرن الخامس
	476، نهاية الإمبراطورية الغربية	
تقنيات قولبة الخزف في وادي المكسيك		القرن السادس
تقنية المزيج ذهب ـ نحاس في الأنديس		
	السفينة الحربية سوتن ـ هو (انكلترا). وضع شبكة طرقات في يوكاتان	القرن السابع
	642، أخذ العرب للإسكندرية. ظهور السفن التجارية الإسكندنافية (الكنار)	
استعمال القنّب في صناعة الملابس في أوروبا الغربية		القرن الثامن
770، بداية الطباعة بالحروف الخشبية في الصين من أجل نشر النصوص البوذية	نواعير حماه الرافعة على نهر العاصي	
	سفينة أوسبرغ (النروج) بصالب مقوّس، صار وشراع	القرن التاسع
	800 شارلمان امبراطور	
	بين 814 و840 أشغال أولى جسور اللوار	
	نحو 850 ظهور المدفعية ذات الثقالة في أوروبا	

	استثمار	تحويل
القرن العاشر	إنتاج الملح في سالان (سالينس)، سراديب مقبّبة ومراجل بخارية. طواحين هوائية في منطقة تاراغون. ظهور إكليل الجواد في أوروبا الغربية. المحراث ذو المقلب (أوروبا الغربية)	استعمال الأشابات المنهجي في كولومبيا (الأشابات الثنائية)
	929 عبدالرحمن الثالث سلطان وخليفة قرطبة. حدائق نباتية وللاختبار. أدب تقني زراعي. انتشار المحاريث ذات مقدّمات. تقدّم النشاط المنجمي في منطقة غوسلار. أولى الصكوك المنجمية (؟)	
القرن الحادي عشر	نحو العام 1000، زراعة الأرز المائية في الصين	استعمال الإمبيق لتقطير الكحول في ساليرنا
	1043 العجلات الرافعة في توليد	انطلاق الزجاجيات استعمال الملوّنات المعدنية
		البرونز في تياهواناكو
		نحو 1050 انطلاق محارف البرونز في القسطنطينية، أولى طواحين الجعة. طواحين السكر في المغرب. أولى طواحين القنّب. أولى الطواحين الهرّاسة (النورماندي، بيامون ميلانو)
	1085، طواحين المد في مرفأ دوفر Douvres	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	نحو 880 الشراع اللاتيني الثلاثي على سفن البحر الأبيض المتوسّط، تجزئة الشراع ومضاعفة عدد الصواري	
مراكن لمشق الكتّان في أوروبا. انتشار القابوق في الصين	الدعامات الثعبانية في وادي المكسيك. الأعمدة الحجرية المجموعة لدى التولتيك. تجميعات عسكرية وميكانيكية لدى ليون الحكيم وقسطنطين البورفيروجيني: هارون القسطنطينية	القرن العاشر
أولى محاولات الزجاجيات في فرنسا وفي إيطاليا	بحث يو هاو الصيني في النجارة وإقامة الهياكل الخشبية. سدّ نهر سيغورا الذي يروي سهل مورسيا الخصب. سفينة غوكستاد النروجية	
نحو 1000، انتشار استعمال العرناس في غدانسك ثم ألمانيا، حبكة وسداة بخيط فتل واحد	994 لامجي، أول برج حجري	القرن الحادي عشر
بدايات صناعة الحرير في لوك. حلاجة الصوف		
	1041 ـ 1048 بي تشنغ يخترع الطباعة بحروف متحرّكة. بداية أنوال النسيج في فلاندريا بداية البوصلة	
1073 ـ 1077 صناعة السجاد في بايو	1061، باغودة من الآهن في مقاطعة هوبي	
	1085 غزو توليد مجدداً	
	1088 سو سونغ يبني ساعة البرج في كاي ـ فونغ	
نحو 1090 آلة شلّ الحرير في الصين	1096 بدء الحملة الصليبية الأولى. ظهور الحاميات المتحرّكة عند أطراف السفن	

	استثمار	تحويل
		نحو 1100، فرن ثقيل متواصل العمل، موقد للصلصال، ذو بئر ومنافخ (لاندرتال في رينانيا)
القرن الثاني عشر	انتشار الكدن الحديث في أوروبا: إكليل الجواد، الكبب، الحبل. انتشار الطاحونة المائية. تقدّم الصناعة المنجمية، سراديب في الدوفينيه وفي البيرينيه. زراعة الوسمة في اللانغدوك وبيكارديا، والذرة البيضاء شمالي إيطالي وجنوبي فرنسا. بداية المناوبة الزراعية كل ثلاث سنوات	بدايات تقنية الزجاج في البندقية
		1102، أول وثيقة على الورق في صقلية. طواحين الورق في المغرب. طاحونة الدباغة. كثرة تنويع الأدوات
	1126، أول بئر ارتوازي عرف في فرنسا (ليلير Lillers)	
	1140، استعادة الصناعة الحديدية في كل أوروبا الغربية	
	نحو 1150، بداية النمو الديموغرافي	
	نحو 1150، أولى الاستصلاحات الزراعية في أوروبا	1160، إنتاج الحمض التريك، وهو الحمض الوحيد الذي عرفته القرون الوسطى. طواحين للشحذ (النورماندي، بوفيزي)
	1180، أول طاحونة هوائية في النورماندي	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
انتشار نول النسيج الأفقي في اسكندنافيا. النول الكاتالوني لنسج شبيكة القطن وانتشاره في فرنسا وإيطاليا. النول ذو الدوّاسات في الصين. كتاب الراهب تيوفيل: «جدول الفنون المتنوّعة» (فنون التزيين) إدخال الورق إلى أوروبا	نحو 1100، بحث لي جي الصيني في هندسة البناء. استعمال الآجر المشوي المثقوب في الأبنية السيسترسية. بداية امبراطورية الإينكا	القرن الثاني عشر
	1103، أعمال ضبط مجرى نهر الإلب Elbe من قبل الهولنديين لدى استدعاء كاهن بريم لهم.	
	نحو 1122، الأقواس القوطية في رواق مورينفال	
	1130، البدء ببناء كاتدرائية سنس Sens، إحدى أقدم الكاتدرائيات القوطية	
	1139، مجمع لاتران Latran الديني يمنع استعمال آلة قذّافة لكونها قاتلة بشكل مريع	
	1160، أولى سدود نهر اللوار قرب سامور أولى الحواجز البحرية في هولندا	
	نحو 1184، بداية ـ صف شوارع باريس	
	1184 ـ 1189، جسر الحجر في لوكوكياو ذو 12 قنطرة وقد سمّي بجسر ماركو بولو	

	استثمار	تحويل
		1192، أول طاحونة حديد في السويد 1198، استعمال الفحم الحجري في محارف الحديد
القرن الثالث عشر	نحو 1210، ألبوم الزراعة في الصين. دراسة الإنكليزي والتر دي هنلي في الزراعة نحو 1250 ـ 1254، دراسة جيور دانو روفو في طبّ الخيل. الأبحاث الإنكليزية في الزراعة, Seneschaucy, Husbandry	متابعة توسيع مجموعة الأدوات. ظهور الفأس الكبيرة للقطع، تنوّع المناجر. استبدال البوتاس بالصوديوم في صناعة الزجاج. شكل بدائي لجدل الحرير. ندافة بواسطة رؤوس معدنية (زجاجية في شارتر). تقنية الدعك والهرس للقنّب والكتّان. طاحونة الخردل في فوريز Forez. طواحين الوسمة في نامور Namur. مخرطة بيكر وبدواستين (زجاجية في شارتر) نحو 1240. طواحين الورق في كساتيفا Xativa (إسبانيا)

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1199، السفينة الفايكنغ دونفيتش مع حاميات دائمة. سفينة لا ـ وشيل: بشراع ذي قدّة.	
نحو 1210، ألبوم النسيج في الصين، أول صورة لدولاب المغزل اليدوي	السدّ ـ القنطرة في سافه Saveh (إيران)	القرن الثالث عشر
	نحو 1200، تعميم استعمال البوصلة البحرية في الغرب. ختم إيسبويتش Ispwich: أول صورة لسفينة تدعى كوغ Kog. ظهور موجة سكّان السفينة	
نحو 1215 ـ 1230، دراسة الجزري حول الأتومات والساعات المائية نحو 1224، دخول دولاب المغزل إلى البندقية وإلى فرنسا.	1226، أقدم تعداد سكّاني محفوظ في بيستويا (إيطاليا)	
نحو 1250، نول النسيج مع عاملين، في فلاندريا. رسوم فيلار دو أونكور الميكانيكية. بيار دو ماريكور يذكر المرآة الزجاجية. مخرطة بساعد (فرنسا)	1231، الصينيون يخترعون الرمّانة اليدوية	
	نحو 1240، أختام ألمانية تصوّر سفن كوغ مع دفّة السكّان	
	1242، ختم إلبينغ: سفينة مزوّدة بصار مائل ودفّة سكّان	
	1257، قناة سولمون المائية	
	1259، أولى المدافع الصينية	

	استثمار	تحويل
		نحو 1260، طاحونة نشر الخشب من وضع فيلار دو أونكور
		نحو 1261 ـ 1267، تقطير الكحول في عهد سلالة يوان في الصين
		1272، طواحين هيدرولية لإعادة فتل الحرير
	1284، أول وصف لنبتة النومان. وصول النضم إلى الغرب. ولادة المحراث ذي القبضة المقوّسة في بلجيكا	
	1293، تغييرات نقدية	
القرن الرابع عشر	تعميم المناوبة الزراعية الثلاثية. انتشار الحنطة تراجع الذرة البيضاء	نحو 1311 ـ 1323، أولى الأفران ذات المنافخ الهيدرولية في الصناعة الحديدية
	1313، بحث صيني في الزراعة من وانغ تشن	
	1315 ـ 1317، مجاعات	
	بحث زراعي لبياردو كريسّان	
	1327، بداية حرب المئة سنة. ظهور البرونز على ساحل البيرو الشمالي	
		1330، تقنية الزجاج «التاجي» في النورماندي
		1343، انتشار تقنية الحلاجة
	1346، انهيار مالي في المصارف الإيطالية	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1261، اسطرلاب بيار دو ماريكور	
نحو 1266، «كتاب الحِرف» لإتيان بوالو		
	1268، السفن البندقية والجنوية التجارية: صاريان، أشرعة لاتينية، حامية المؤخّرة، طرف المقدّمة	
	1269، بركار بيار دو ماريكور للملاحة	
	1275، منارة برنديزي Brindisi	
1285، ظهور النظّارات من أجل طويلي البصر. نقل محترفات زجاج البندقية إلى مورانو	1287، هبوط زويدرزي Zuiderzee. العربة المتنقلة	
كتاب الأنوال لإيبر Ypres: أنوال بأربع درجات وعاملين	السدّ ـ القنطرة في كبار Kebar (إيران)	القرن الرابع عشر
نحو 1300، انتشار، المردن، دولاب المغزل، والمسداة ذات الأسنان		
	1308، جسر فالنتري في كاهور Cahors	
نحو 1320، أولى الساعات الميكانيكية ذات الثقالات	نحو 1320، أولى المدافع في أوروبا الغربية	
	1327، أول صورة لمدفع في كتاب Officiis Reyum لوالتر ميلميت	
	نحو 1327 ـ 1330، ديوان الآلات الحربية لغي دو فيجيفانو	

	استثمار	تحويل
	1347، بداية الطاعون الكبير. استعمال البوصلة في مناجم ماسّا	
	1379، دراسة جان دو بري Jean de Brie في فنّ الرعية	نحو 1377، حلاجة المسداة والحبكة في فرنسا نحو 1391، أول طاحونة للورق في نورمبرغ
1400	بداية الطاحونة الهوائية بسطح متحرّك. أولى طواحين تجفيف المياه في هولندا. انتشار زراعة الإيدوصارون في إيطاليا ثم في فرنسا. استعمال الشبّ الروماني.	نحو 1410، أول صور لنظام الساعد ـ الرائد
1425		نحو 1430، مخطوطة «الحرب الهوسّية». طواحين هيدرولية، آلات ثاقبة، صاقلة، نظام ساعد ـ رائد مع مقود
	نحو 1434، إدخال التوت الأبيض الشرقي إلى توسكانا	
	نحو 1438، استغلال جاك كور	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1351، أوتومات كاتدرائية أورفييتو Orvieto	نحو 1350، أولى الصناديق المعلّقة في العربات	
نحو 1352، دراسة في الساعات لجيوفاني دوندي G.Dondi أوج البورسلين الصيني لدى سلالة مينغ Ming		
	1375، الأطلس الكاتالوني من شارل الخامس	
1398، دراسة تشن كي سون Chen Ki Souen حول حبر الطباعة	1391 ـ 1398 شقّ قناة ستكنيتز في الإلب، اجتياز خطّ قاسم بين المياه.	
	1394، قناة من نيورت إلى المحيط.	
	1395، هويسات أقنية الميلاني.	
	1396، أول صورة لعربة بأربع عجلات ومقدّم متحرك.	
انطلاق تقنيات صناعة خزف فاينزا Faënza. أولى النظّارات بزجاجات مقرّقة. الأزتيك ينحتون البلّور الصخري	القذّافة ذات الرافعة تحلّ مكان القذّافة ذات البرج	1400
1403، أول حروف الطباعة المعدنية في كوريا	1405، كتاب Bellifortis من كييسر، أولى الأسلحة النارية النقّالة. برونلّشي ينجز قبّة فلورنسا ويخترع بعض الآلات	
1423، الساعة الفلكية في بورج من جان فوزوريس	نحو 1420، أولى الكرافيلات البرتغالية ثلاثة أشرعة لاتينية وشراع ميزان مستطيل	
نحو 1434، أولى أعمال طباعة غوتنبرغ في ستراسبورغ	نحو 1435، إنشاء بلدرات زويدرزي Zuiderzee	1425
نحو 1437، كتاب Libro dell'arte لـ تشنينو تشلّيني Cennino Cellini: تقنيات الملوّنات والمذهّبات		

	استثمار	تحويل
	Jacques Cœur لمناجم الليوني	
	نحو 1447، رصّ سمك الرنكة في براميل	
1450	نحو 1450، انطلاق جديد بمعظم مناجم أوروبا الوسطى مع آلية متطوّرة	
	1452، استدعاء عمال مناجم بوهيميا وهنغاريا إلى انكلترا. الباسكيون يبدأون استثمار أسراب سمك المورة	
	1460، زراعة النضم في النورماندي ثم في انكلترا	
	1466، خضراوات «محسّنة» في البساتين الإيطالية: الأرضي - شوكي، الجزر، الفاصولياء الخضراء، القنبيط	
	1471، طباعة بيار دوكريستان	1470، أولى المصقّحات جهاز حديث لصقل الأحجار الكريمة
	1472، طبع أعمال خبراء الزراعة اللاتين	1474، أول مصهر عال في نامّور Nassau (؟)
1475	1484، عمال مناجم هنغاريون وساكسون في روسيا. تحسين الآلية	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1438 ـ 1446، بناء الروكّا مالاتستينا في ريميني	
	1440، تهيئة ساحل البندقية	
	1447، تهيئة مرفأ نابولي	
	1449، إقامة مكاسر الموج في ماينز	
	1449، دراسة في الآلات لماريانو تاكولا	
1450، محرف غوتنبرغ في ماينز Mayence	1453، احتلال الأتراك للقسطنطينية	1450
	نحو 1455، كتاب جاكوبو فونتانا Bellicorum, Instrumentorum Liber آلات متنوعة	
1464، أول مطبعة إيطالية في سو بياكو	1460 ـ 1466، كتاب فالتوريو: De re militari	
	1460 ـ 1466، كتاب فيلاريتي Trattato d'Architettura	
	1461، فرنسوا دو سوريين يعيد بشكل حديث بناء تحصينات ديجون وفوجير. بداية تطوُّر شبكة الطرقات الفرنسية	
	1468، إعادة ضبط مجرى نهر اللوار، وعدد من الروافد	
	1469، فرنشسكو دي جيورجيو مارتيني مهندس مياه في سيان Sienne	
1470، غليوم فيشه يقيم مطبعة السوربون	1471، طباعة أعمال فيجيس	
1470، أول رسم في ألمانيا لدولاب مغزل بجنيّحات	1472، طباعة أعمال فالتوريو	

	استثمار	تحويل
	الزراعية، مضخات، خنزيرات بحركة تعاكسية، عربات وسكك خشبية	
		انتشار جهاز أو نظام الساعد ـ الرائد
	1498، انتقال القرفة إلى أوروبا عن طريق فاسكو دي غاما	
1500		استخراج الصباغة من أخشاب بعيدة المنشأ. وضع تقنيات تحضير الحمض الكبريتيك والحمض الكلوريدريك
		1500، كتاب برونشفيغ: Liber de Arte distillandi (ستراسبورغ)
	1505، كتاب Bergbüchlein لأولريك فون كالبي في أوغسبورغ، حول عروق المناجم	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
نحو 1475، دراسة في الميكانيك لفرنشسكو دي جيورجيو: ضابط الكرات، تربينات مائية، أجهزة رفع، العربة المتحركة بذاتها، الخ	نحو 1475، دراسة في هندسة البناء المدني والعسكري من فرنشيسكو دي جيورجيو. مرور بطيء إلى التحصين الحديث	1475
1476، وليام كاكستن يدخل الطباعة الى إنكلترا.	1478 ـ 1480، شقق نفق فيزو Viso بين إيطاليا وفرنسا	
	1480، طباعة أعمال فرونتينوس	
	1481، بناء هويسات على البيوفيغو Piovego من قبل سكّان البندقية	
1482، رسالة ليونار دو فنشي إلى لودفيك سفورزا الرسوم الأولى	1485، طباعة كتاب ألبرتي: De re ae deficatoria	
	1492، كريستوف كولومبس يصل إلى أمريكا. احتلال غرناطة	
نحو 1500، مكبس بلولب خشبي من الطابع الألماني هوس Husz في ليون	نحو 1500، آلات ليونار دو فنشي الطائرة	1500
1503، اختراع مرآة البندقية	نحو 1506 ـ 1509 تحصينات بادوا وتريفيس من قبل فرا جيوكوندو دار سنغالو	
	1509 ـ1511، دراسات جوليانو دا سنغالو في التحصين والآلات	
	نحو 1516، المهندس بيلار ماتو يبدأ بناء الهافر Le Havre في فرنسا	
1518، إستيراد القرمزية من المكسيك لصباغة الأقمشة	1519 ـ 1522 رحلة ماجلان حول العالم	
	1520، طبنجة بحاصرة، شكل بدائي للبندقية	
	1521، تحصينات رودس	

	استثمار	تحويل
	1523، دراسة في الزراعة للإنكليزي فيتز هربرت Fitz Herbert	
1525	1527، أول استعمال للبارود في مناجم شمنيتز	
	1530، «البيت الريفي»	نحو 1530، بنفينوتو تشلّيني يخترع الميزان النقدي
	انطلاقاً من 1530 ـ 1540، عدد من النباتات الغذائية يفد إلى أوروبا من أمريكا: بطاطا، فاصوليا بندورة. . وكذلك بعض الحيوانات (ديك الحبش). إرسال نباتات من القارّة القديمة إلى أمريكا (قصب السكر، بن. .) وحيوانات أيضاً (الحصان)	
	1533، الحديقة النباتية في بادوا	
	1539، بحث في الزراعة للإسباني أ. هيرّيرا	
	1540، كتاب La Pirotechina لِ ف. بيرنغوكشيو، وهو دراسة في التعدين	
	1540، إقامة بيار بيلون لحديقة توفوا النباتية قرب ألمان Le Man	
	1543، الحديقة النباتية في بيزا	
	1544، مرسوم ملكي بشأن قطع الأشجار في الغابات الفرنسية	
	1546، بحث في الزراعة للإيطالي ل. ألماني L.Almanni	
1550		نحو 1550، مقلدة هيدرولية للحديد (ترقيقه إلى خيوط). نحو توحيد نمط وحروف الطباعة والصفّ التيبوغرافي

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1524 ـ 1529، تحصينات طروادة	
	1527، بناء سان ميكيلي (سان ميشال) لحصن المادلين في فيرونا، وهو أول حصن حديث	1525
	1527، دراسة في التحصينات من ألبير دورير	
	1528 ـ 1562، تجهيز فروع الفيستول من قبل مهندسين هولنديين	
1546، تأسيس مصنع السجاد في فلورنسا	1537 ـ 1538، أولى أعمال مركاتور	
تطوّر الأثاث: خزانة ببابين، كرسي بذراعين، سرير بأعمدة	تشغيل سفينة الغليون في الأطلسي	1550
1551، أول براءة استيراد في فرنسا		

	استثمار	تحويل
	1556، كتاب ج. أغريكولا: De re metallica وهو بحث في المناجم والتعدين	
	نحو 1559 ـ1561، جان نيكوه يدخل التبغ إلى فرنسا	1569 أوّل «مسرّح للآلات» من جاك بيسّون
	نحو 1560، زراعة الفاصولياء من قبل فاليريانو في بلّونو	
1575		تطوّر استعمال المصفّحة في منطقة لياج
		1588، «مسرح الآلات» من أ. راميلّي
	1599، كتاب أوليفيه دوسير Olivier de Serres: قطاف الحرير	
1600	1600، «مسرح الزراعة» من أوليفيه دوسير	
		1621، «مسرح الآلات» من ف. زونكا
		1623، آلة فيليلم شيكارد الحاسبة
1625	1628، تكليف مجلس مساحة سويسرا بوضع خطط للمناجم	1629، «مسرح الآلات» من جيوفاني برانكا (الدمية البخارية)

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
وقد أعطيت لصانع الزجاج تسكو موتيو Thesco Mutio		
	نحو 1550 ـ 1561 اختراع ضوء الفولاذ من أجل إضرام المدافع. سدود ألمانسا والستيبي من أجل ري جنوبي إسبانيا	
1563 ـ 1589 أعمال برنار باليسي: خزفيات فاينزا مطلية بالقصدير الرصاصي	1561، أول مرصد بقبّة تدور	
1565 ـ 1567، دراسات بنفينوتو تشلّيني حول الصياغة والنحت	1568، تعليق صناديق العربات في ألمانيا بواسطة النوابض	
	1577، أول إشارة لمسراع السفينة في انكلترا	1575
1589، اختراع نول حياكة الجوارب من وليام لي	1581، أول براءة اختراع هولندية، أعطيت لغاليلي من أجل «جهاز لرفع المياه وريّ الأرض»	
	1585 ـ 1590، أطلس مركاتور	
	1596، مدينة نانسي الفرنسية الجديدة عن طريق سيتوني. تعميم مقدّم العربة المتحرّك	
1602، تأسيس مصنع غوبلان Gobelins	1600، س. ستيفن يبني العربة الشراعية لموريس دوناسّوه	
1604، نول بساعد من فان سونفيلت، من هوند شوت		
	1602 ـ 1605، بناء ترسانة دانزيغ. اختراع حوض ترميم السفينة	
1624، قانون الامتيازات الإنكليزي، بداية قانون البراءات		
1630، طريقة دربل Drebbel في صباغة الصوف باللون الأحمر	1627، مسرح فنّ البخار والانفتاح الصريح لفنّ صانع الأقفال من م. جوس	1625

	استثمار	تحويل
	1633، وضع أولى الخطط المنجمية في الساكس	1642 ـ 1645، آلة باسكال الحاسبة
	1635، حديقة النباتات في باريس	
	1640، دراسة في التعدين من الإسباني ألونسو باريا	
1650		1651، آلة أوتو دي غيرّيكي الهوائية
	1664، جون فورستر يدفع بالمزارعين الإنكليز لزراعة البطاطا	1659، آلة روبرت بويل الهوائية
	1665، أعمال د. دادلي حول صناعة الآهن (الحديد الصبّ)	
	1666، أول آلة احتراق داخلي من هيغنز Huygens	1672، أول آلة إنتاج للكهرباء الساكنة من أوتو دي غيرّيكي
1675		1675، تكليف أكاديمية العلوم بوضع دراسة في الميكانيك ووصف للفنون
		1679، مهضمة بابان Papin
	1690، الآلة البخارية من د. بابان إلى كاسيل Cassel	
	1698، الآلة البخارية من سايفري Savery	
1700	1707، آلة دنيس بابان الجويّة ذات المكبس العائم	
	1709، بداية استعمال فحم الكوك في الصناعة الحديدية	
	1712، آلة ت. نيوكومن Th.Newcomen الجوية	أولى المحاولات وبراءة الآلة الكاتبة لهنري ميل
	1712، دراسات ريومور حول خصائص الفولاذ	
	1717 ـ 1734، اكتشاف واستغلال حوض الفحم الحجري في آنزان	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	نحو 1630، التحسين النهائي للأسلحة النارية الحجرية	
	1631، بداية أشغال فرساي	
	1637 ـ 1638 أنواع جديدة من السفن	
1657، ساعة دويرية من هيغنز.		1650
نحو 1660، تقدّم تقنيات صقل الزجاج	1666 ـ 1681، ريكيه Riquet يشقّ قناة الميدي (جنوب فرنسا)	
1666، تأسيس جان هندريه لمصنع قصر مدريد لصناعة جوارب الحرير	1667، كتاب «الهيدروغرافيا» من الأب فورنييه، أول دراسة كبيرة في البحرية	
1675، الضابط الحلزوني في ساعات هيغنز	1675، جان بيكار يقوّم مستوى النظارات	1675
1678، آلة لتمويج الأقمشة في تروا Troyes. مشروع نول نسيج ميكانيكي من دو جين De Gennes	1677، كتاب «نظرية بناء المركبات» للأب هوست Hoste	
1685، تأسيس مصنع سان ـ غوبان	1681 ـ 1684، صنع آلة مارلي Marly الرافعة	
	1690، إنشاء جهاز الهندسة عن طريق فوبان Vauban (فرنسا)	
	1697، مرسوم بإضاءة المدن الفرنسية	
		1700
	1721، جهاز للغوّاصين من هالي Halley	

	استثمار	تحويل
	Anzin	
	1724، تأسيس أكاديمية المناجم في فرايبرغ في الساكس	
1725	1731، دراسة في الزراعة لجثرو تول Jethro Tull	نحو 1740 ـ 1750، صنع الفولاذ المقولب بواسطة هنتسمان Huntsman في شيفيلد
	1735، انتشار السبك بواسطة فحم الكوك. تطوّر المروج الاصطناعية	1746، مكثّف بيتر فان موشنبرك. طريقة رويك Roebuck في إنتاج الحمض الكبريتيك
	1747، استخراج سكر الشمندر (مارغراف Margraff)	1748، تحسين طريقة داربي في السبك بواسطة الكوك عبر انتقاء الركازات المعدنية الفقيرة الفوسفور
1750		1750 ـ 1770، أعمال أولر Euler حول نظرية الآلات المختلفة: لولب أرخميدس، العجلات الراكسة، الطواحين الهوائية، السفينة
	1754، مدرسة المناجم الإيطالية	1751، مخرطة للتسطين (أو للتدوير اسطوانياً قطعاً من المعدن) من فوكانسون
	1756، بحث في زراعة الأراضي من دوهاميل دومونسو اقتبسه من عمل تول	1760، دراسة في الميكانيك من أولر
	نحو 1760، جهود من أجل زراعة البطاطا	
	1760 ـ 1795، روبرت بايكويل يحسّن الخروف الذي يحمل اسم «دشلي Dishely»	1772، مخرطة للتقوير من ويلكنسون

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1736، سفينة بحارية من جوناثان هولز Jonathon Hulls.	
1725، نول ببطاقات مثقوبة، على شكل أكّورديون من بازيل بوشون		1725
نحو 1728، نول نسيج من فالكون استخلصه من نول بوشون	1741، أول جسر قلاّب (برافعات مركّبة) من جون مايت في برمنغهام	
نحو 1733، آلة غزل من جون وايت وبول لويس في برمنغهام.		
1735، المكّوك المتحرّك من جون كابي		
1744، أولى محاولات فوكانسون على نوله لنسج القطن والتفتة. جون كاي يدخل مكّوكه المتحرّك إلى فرنسا	1747، دانيا تروودان يؤسّس مدرسة الجسور والطرقات في باريس	
1748، دانيال بورن يخترع آلة حلج القطن	1752، فرانكلين يخترع الشاري	
1750، اختراع آلة الجيني Jenny	1759 ـ 1761، بناء قناة وورسلي في مانشستر	
نحو 1750، اسطوانات هولندية لصناعة الورق	نحو 1761، اعتماد سكك الحديد الصبّ في كولبروكدايل	
1751 ـ 1772، موسوعة «الانسيكلوبيديا» من ديدروه ودالامبير. جون هولكر يُدخل إلى فرنسا صناعة المخمل القطني	1763، تأسيس مدرسة صانعي السفن في باريس	
1759، أوبركامف Oberkmapf ينشىء في جوي Jowy مصنعاً لتوشية النسيج الهندي	1766 ـ 1767، قناة ترانك Trunk الكبيرة من المرسي Mersey حتى ترنت Trent	

	استثمار	تحويل
	نحو 1761، أعمال جوزف بلاك حول الحرارة الكامنة	1774، اكتشاف شيل Scheel للكلور
	1765، أول مدرسة للطب البيطري تفتح في ليون	
	1769 أولى براءات واط من أجل مكنة البخار.	
	1769، جار Jars يقوم في هايانج بأولى محاولات السبك بواسطة فحم الكوك	
1775	1775، اختراع درّاسة الحبوب من الاسكتلدني ميلك Meilke	إنتاج صناعي للكلور في مصنع جافيل
	1782 ـ 1785، تأسيس مصنع الكروزوه Le Creusot	1782، دراسة في الآلات بشكل عام من لازار كارنو L.Carnot
	1783، تأسيس مدرسة المناجم في باريس	1782 ـ 1785، آلة مزدوجة المفعول من واط، ضابط الكرات
		1783، الحدادة في المصفّحة، براءة هـ. كور H.Cort
	1786، إدخال خزوف المرينوس إلى رامبوييه Rambouillet	1784، تسويط الآهن، براءة لِ هـ. كورت H.Cort
	1788، كتاب «مختلف حالات الحديد» من برتوليه، مونج وفاندرموند	
	1791، تربينة غازية من باربر	1790، طريقة لوبلان في صناعة

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1761، بداية «وصف الفنون» من أكاديمية العلوم	1769، عربة الأثقال البخارية من كونيوه Cugnot	
1762، مصادقة على البراءات في فرنسا		
1765، اختراع «ميول جيني Mule Janny» من هارغريفز		
1767، نول النسيج واترفريم Waterframe من آركرايت		
	1776، أول سكة حديد لنقل الفحم من المنجم إلى القناة	1775
	1776، مشروع بوشنيل في الولايات المتحدة من أجل غوّاصة	
	1777، أول سفينة حديدية على الفوس Foss	
	1778، أولى تجارب السفن البخارية	
	1779، أول جسر من الحديد الصب	
	1780، أولى المناطيد	
1783، تقويم الطباعة الميكانيكية على لفافة قماش من قبل توماس بل	1783، محاولات في الملاحة البخارية	
1787، آلة نسج نصف ـ أوتوماتيكي من كارترايت	1785، أول خط حديدي في فرنسا في الكروزوه	
	1786، صقالة حديدية لمسرح بوردو من ف. لوي V.Louis	
	1787، بداية الصناعة البحرية الحديدية	

	استثمار	تحويل
		الأشنان (الصودا)
		1790، مخرطة سينوSenot للتسليك.
	1792، غاز الإنارة من مردوك	1797، كارترايت يخترع معدناً مضاداً للاحتكاك للمكابس
		1798، مخرطة مودسلي للتسليك
		1798، مخرطة دايفيد ويلكنسون للتسليك (الولايات المتحدة)
1800	1800، فولتا ينشر اختراعه للبطّارية. مبذر بسكك مترابطة من جيمس سميث	1800، مخرطة للتسطين والتمليس من مودسلي. أول مصنع لدوبون دو نيمور في الولايات المتحدة في ولمينغتون. بروني Prony يخترع المكبح المقووي
	1802، أول مصهر عال على فحم الكوك في ألمانيا في كونيغ شوتي	1807، تأسيس مصنع الميكانيك والحديد في لياج من قبل و. كوكريل
	1804، آلة إيفانس تحت ضغط عال	
	1804 ـ 1814، أبحاث إسحاق دو ريفال حول الدفع بواسطة محرّك انفجاري	1810، مودسلي وفيلد يؤسّسان مصنع الآلات ـ الأدوات في انكلترا
	1809، بدايات أبحاث همفري دايفي حول إنتاج الألومينيوم بواسطة حلّ الألومين كهربائياً	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1790، قانون أمريكي بشأن البراءات		
1791، قانون فرنسي بشأن البراءات	1792، أوّل آلة لندف الصوف من كارترايت.	
1794، تأسيس كونسرفاتوار الفنون والمهن	1789 ـ 1798، محاولات في الملاحة البخارية من جون فيتش John Fitch في ديلاوير Delaware	
1794، تأسيس مدرسة البوليتكنيك	1790، درّاجة سيفراك Sivrac. محاولات شاب Chappe في الإبراق البصري	
1798، آلة متواصلة لصناعة الورق من روبير. آلة ويتني Whitney لحلج القطن	1797، حافلة بخارية على طريق تريفيثيك Trevithick	
1798، نول دوكروا DEcroix الدائري للنساجة		
1799، طريقة لوبون Lebon بالنسبة لغاز الإنارة		
1801 ـ 1806، وضع أنوال جاكار Jacquard	1801 ـ 1803، جسر الفنون في باريس، أول جسر حديدي في فرنسا	1800
1804، مصنع معلّبات أبير Appert	1801، محاولات «نوتيلوس II» من فالتون في برست	
1806، مدرسة البوليتكنيك في براغ.		
1806، كتاب بكمان Beckmann «مخطّط التكنولوجيا العامة»	1802، بداية أعمال نابليون الأول الكبيرة المنظّمة. قناة الأورك Ourcq من نانت حتى برست، رصيف شربورغ، طرقات عبر الألب	
	1803، فالتون يجرّب أول مركب بخاري على السين. جرّافة تريفيثيك البخارية على التايمز	
	1809، «فونيكس» أول مركب بخاري بحري في الولايات المتحدة	

	استثمار	تحويل
	1811، الآلة المركّبة من أ. وولف	1810 ـ 1820، انطلاقة تصنيع الصودا
	1811، استخراج ديلسّير Dellessert لسكّر الشمندر	1814 ـ 1847، جيمس فوكس يحسّن عدداً من الآلات ـ الأدوات
	1815 ـ 1816، اسطوانة متذبذبة من مانبي Manby ومكبس بمقاطع من جون بارتون John Barton	1816 ـ 1818، مصهر صموئيل رودجرز للتسويط وهو ذو جوانب من الآهن
	1816، مصباح همفري دايفي للأمان في المناجم	1817، مخرطة رتشارد روبرتس المتوازية
		1818، آلة إيلي وتي للتعزيز
	1819، مدرسة ماتيو دو دومبال الزراعية في نانسي	1820، متجر جيمس فوكس
	نحو 1820، تشكيل الـ «Wheat Belt» الأمريكي لنشر الزروع	1824 ـ 1833، دراسات ج. نيلسون حول المصهر العالي بالهواء الحار
	1823، انتشار محراث ماتيو دومبال	
	1824، «تأمّلات حول قوة النار» من سبادي كارنوه	
1825	إدخال نوع البقر الإنكليزي «دارهام» إلى فرنسا	1826، آلة ـ أداة للبرادة من ج. ناسميث J.Nasmyth
	1827، تربينة فورنيرون المائية	1829، السلسلة المترابطة من غال Galle
	1828، مبدأ المحرّك الكهربائي القائم على «حثّ تيار» فاراداي	1830، مخرطة متوازية من إتيان كالاّ E.Calla
	1831 ـ 1834، حاصدة ماك كورميك	
	1832، بيكسي Pixii يصنع أوّل آلة بالتيار المحثّ	
	1833، ت. هول يحقّق أول قفص للاستخراج المنجمي في بلاد ويلز	1835، آلة للبخر من ج. ويذوورث J.Withworth. مطرقة كافيه Cavé

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1810، آلة فيليب دو جيرار لغزل الكتان والقنّب	1811، مركب «Chancellor Livingstone». يقوم بخدمته المتنظمة على نهر هادسون، بخار فالتون Fulton	
1815 ـ 1818، آلة فيليب دوجيرار لحلج الكتان	1811، قبّة بيلانجيه المعدنية في سوق القمح	
1815 ـ 1835، أولى مجزّات أقمشة ذات شفرات حلزونية من كوليه (فرنسا)	1814، أول حافلة بخارية من ج. ستيفنسون. أول سفينة بخارية حربية، «ديمولوغوس Demologos» من فالتون	
1815، بداية صناعة قطع البندقية بالجملة (إيلي وتني Eli Whitney)	1816، «الإليز L'Elise» تعبر المانش، وهي سفينة بخارية بمحرّك وأشرعة	
1819، مجزّة آلية (ر. دور R.Dorr و ج. إليس J.Ellis)	1819، السفينة الخشبية البخارية وذات العجلات «سافانا» في أول عبور للمحيط الأطلسي	
1822، أول صورة فوتوغرافية من نيبس Niepce	1822، استخدام سفينة بخارية بين باريس والهافر	
	1824، «كارولين» أول سفينة بخارية فرنسية بحرية	
1825، مدراس بوليتكنيك في كالسروه Kalsruhe ووارسو	1826 ـ 1830، إنشاء ستيفنسون لخط الحديد ليفربول ـ مانشستر	1825
1827، نول النسيج الآلي من كالاّ		
1829، مدرسة الفنون والصنائع في باريس	1831، ناقلة جرفيس Jervis الحديدية في الولايات المتحدة	
1830، أول براءة لتيمونيه Thimonnier من أجل مكنة خياطة		

	استثمار	تحويل
		الآلية. فلكنة الكاوتشوك (غوديير Goodyear)
	1834، مذكّرة جاكوبي لتطبيق الكهرباء المغنطيسية على الآلات	1839، مخرطة ج.ج. بودمر J.G.Bodmer العامودية (مبخرة دائرية)
	1835، تربينة مائية بعلو 108م في الغابة السوداء	1839 ـ 1841، أعمال بوردون في الكروزوه حول المطرقة الآلية
	1837، سكة محراث من الفولاذ في الولايات المتحدة	1840، بداية تألية (أتمتة) الآلات ـ الأدوات
	1838، تبطين معدني للمناجم (الفرنسي تريجيه)	1841 ـ 1842، براءات ف. بوردون وج. ناسميث بالنسبة لمطرقة الحدادة الآلية
	1843، محطة زراعية اختبارية في روتامستيد Rothamsted	1843، أول آلة جبّالة من روجر
	1844، تربينة بويدن	1843 ـ 1861، آلات ـ أدوات من ب. ديكوستير P.Decoster
	1847، اكتشاف حوض الفحم الحجري في با ـ دو كاليه Pas-de-Calais	1845، مسبار فوفيل Fauvelle المائي من أجل نقب التربة
	1849، آلة كلارك الكهربائية المغنطيسية	1846، الملزمة البرّادة من ديكوستير القطن المسحوق من شونباين. اكتشاف أسكانيو سوبر يرو للنتروغليسرين
1850	1850 ـ 1860، إهراءات القمح. استعمال الفوانو كسماد زراعي	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
نحو 1835، بداية صناعة القفازات والأحذية بالجملة في فرنسا	نحو 1833، تجارب الإبراق الكهربائي المغنطيسي (غوس Gauss وفيبر Weber)	
1835 ـ 1875، تحسين أ. كوشلان A.Kochlin للآلات النسيجية	1834، بداية شبكة الحديد البلجيكية	
1838، دعك الصوف آلياً (بريطانيا)		
1844، حلاّجة الصوّف من هيلمان Heilmam	1835، أول خط حديدي ألماني بين نورمبرغ وفورث	
1844، قانون فرنسي جديد حول البراءات	1835 ـ 1837، إنشاء سكة حديد باريس ـ سان جيرمان	
1845، ندّافة القطن للقبّعات من جوزويه هيلمان Josué Heilman	1836، براءة لِـ ش. ديتيز Ch.Dietz من أجل العربة البخارية	
1846، مكنة الخياطة من إلياس هاو Elias Howe	1836 ـ 1837، ف. سوفاج يضع المروحة ذات الشفرات	
	1837، مورس Morse يعرض نظام برقه في نيويورك	
	1838، عبور الأطلسي دون شراع: سيروس (الولايات المتحدة) والغريت وسترن Great Western (بريطانيا)	
	1842، القانون الفرنسي الكبير لسكك الحديد	
	1844، تدشين برق مورس رسمياً في الولايات المتحدة	
	1848 ـ 1850، تجارب جوزف مونييه لتسليح الباطون	
نحو 1850، تصوير فلكي بالطريقة الداكيرّية	1850، كابل تحت البحر بين دوفر Douvres وكاليه Calais	1850
	1850، إطلاق «نابليون» من دوبوي	

	استثمار	تحويل
	1857، استعمال فوسفات فيسّان Wissant كسماد	1851 ـ 1853، أعمال وليام غاسدج W.Gassage حول الكلور. طريقة الإنتاج الصناعي للصودا الكاوية
	1859، أول بئر بترول في الولايات المتحدة في تيتسفيل Titusville وقد حفره درايك Drake	1855 ـ 1856، محول الآهن إلى فولاذ من بسمر Bessemer
	1860، محرك غازي من لونوار. براءة هوغون Hugon من أجل محرّك بدورتين. أول حاشوة من بلانتيه Planté	1856، اكتشاف بيركِن Perkin للأنيلي: بداية الملوّنات الاصطناعية
	1862، محرك بأربع اسطوانات من أوتو Otto	1858، أول مصهر عال في اليابان
	1862، تعريف بو دو روشا Beau de Rochas لدورة الفترات الأربع	1860، أول أجهزة كاوبر Cowper لتنقية غازات المصاهر العالية
	1865، براءة باستور لحفظ النبيذ	1862، مفرّزة براون وشارب
	1866، آلة الدينامو الكهربائي من فرنر سيمنز Werner Siemens	1863 ـ 1864، تقويم صناعة معجونة الورق الخشبي من أ. بيرجيس A.Bergès
	1869، البراءة النهائية لغرام Gramme: الآلة المغنطيسية الكهربائية	1864 ـ 1865، وضع فرن الفولذة على طريقة مارتان Martin
		1866، طريقة سولفاي Solvay في صنع صودا الأمونياك
		1867، نوبل يكتشف الديناميت
		1867، بروستلان Brustlein يصنع أولى أنواع الفولاذ الخاصة لدى هولتزر Holtzer

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	Dupuy وهو مركب حربي بخاري	
1851، أول معرض عالمي في لندن. مكنات خياطة من سنجر Singer وويلسون Willson في الولايات المتحدة	1851، كريستال بالاس في لندن. مدفع من الفولاذ من كروب Krupp	
1851 ـ 1860، أعمال ويتستون Wheatstone حول الآلة الكاتبة	1851 ـ 1852، أولى المناطيد الموجّهة من أرنوه Arnaud وجيفار Giffard	
1854، أول مغزل في بومباي Bombay	1852، كوانييه Coignet يبني بيتاً من الباطون في سان دنيس Saint-Denis. مصعد هيدرولي في الولايات المتحدة	
1855، معرض عالمي في باريس	1854، تقنية تصفيح السفن الحربية	
	1855، دراسة قناة السويس	
1860، برّاد على الأمونياك من كار Carre	1855 ـ 1867، نظام فينييه Vignier لإدارة وأمان التشويرات في السكك الحديدية	
1861، معهد ماساتشوستس للكتنولوجيا	1859، أعمال وستنغهاوس حول المكبح بالهواء المضغوط	
	1860 ـ 1864، مترو لندن.	
1861 ـ 1865، تحقيقات مصوّرة من ماتيو برايدي خلال حرب الانشقاق	1864، حافلة فرنسية بجزوع متزاوجة	
1863 ـ 1866، مطبعة مارينوني Marinoni للطباعة المتواصلة		
1865، تقويم أولى المبرّدات		
1867، مكبح وستنغهاوس Westinghouse	1865، درّاجة إرنست ميشو Ernest Michaux	
1867، أول مغزل قطن في اليابان	1866، أول كابل عبر الأطلسي	

	استثمار	تحويل
		1868، فرن تجديد الحرارة بواسطة غاز فريديرك ووليام سيمنز
		1868، صناعة السلّولويد، أول مادة اصطناعية (هايت Hyatt)
		1869، أول مختبر صناعي عند هولتزر في أونيوه Unieux مع بروستلان وبوسانغوه Boussingault
	1871، براءة باستور لحفظ الجعة	1869، المرغرين من ميج - موريس Mège- Mouriès
	1871، ديناموغرام الكهربائي	1870، بداية صناعة السوبرفوسفات
	1872 - 1876، مكرين برايتون على البترول	1872، مصنع بيريلّي في ميلانو لمعالجة الكاوتشوك
	1872 - 1873، محرّك بأربع دورات من راتيمان	1874، كارو يكتشف الإيوسين. آلة لقطع التشبيكات المخروطية من غليسون Gleason. آلة لشحذ الفريزات من كروتز برغر
	1873، إيبوليت فونتين: نقل الكهرباء مسافياً	
1875	استعمال الفوسفات التونسي في الزراعة	1875، صناعة الزهر الممنغز بواسطة بورسيل Pourcel
	1875، الدينامو الصناعي من غرام	1876، مطرقة آلية من 100 طن
	1876 - 1877، محرك بأربع دورات من ديملر، أوتّو ومايباخ	1876، طريقة توماس غيلكريست لصناعة الفولاذ انطلاقاً من الآهن الفوسفوري على فرن بسمر للتقطير آلة تقويم من براون وشارب
	1880، أولى محاولات حفر بئر بترول في البحر قرب ساحل كاليفورنيا. آلة ر. فوس R.Voss الكهربائية	1877، صناعة الحديد المكورم (بروستلان وبوسّانغوه)
	1882، ترينة موجّهة من برجيس في لانسي	1879، تركيب النيلة (أ. فون باير) براءة لفرن كهربائي (سيمنز)

	المكان والمواصلات	صناعة حرفية
	1867، ظهور الدراجة الهوائية	
	1867، الباطون المسلّح من جوزف مونييه	
	1869، فتح قناة السويس	
	1872، أول سكة حديدية في اليابان	1870، إنشاء وزارة الصناعة في اليابان
	1872، منطاد موجّه من دوبوي دولوم Dupuy de Lôme وزيديه Zédé. عربة سيارة من أ. بولّيه A.Bollée	1870 ـ 1871، أول تصغيرات للصحف والخرائط في فرنسا
	1874، تأسيس الاتحاد العام لمراكز البريد في برن Berne	
1875	1876، أول نقل لحوم مبرّدة بين يونيس إيريس وروان	1876، الآلة الكاتبة من ريمنغتون Remington
	1876، غراهام بل Graham Bell يخترع الهاتف	1879، أول اتفاق دولي حول استخدام البراءات
	1877، سينليك Senlecq يضع مبدأ التلفزة النظري. فونوغراف اسطواني من ت. إديسون	1879، المصباح الكهربائي (إديسون Edison)
	1878، انتشار الطريقة الفوتوغرافية على البرومور الهلامي	
	1879، حافلة كهربائية للمواصلات المدنية في برلين	

	استثمار	تحويل
		1880، اختراع فرن الصلب (روليه Rollet)
	1883، أولى محاولات نقل الطاقة الهيدرولية بين باريس وكراي (م. دبريه)	1883، ديك Dick يضع شبهان الحديد
	1884، غولار يصنع محوّلاً وينشىء في بلغراد أول مفاعل كهربائي	1884، أعمال لوشاتليه Le Chatelier حول عمل المصاهر العالية. توربان Turpin يكتشف الميلينيت
	1884، تربينة هيدرولية من بلتون Pelton	1885، فلوريس أوسمون Floris Osmond يبدأ استعمال التعدين المجهري
	1884، تربينة بخارية من بارسنز Parsons	1886، طريقة لوشاتليه الحرارية ـ الكهربائية من أجل قياس درجات الحرارة العالية
	1885، طريقة فورست في إشعال المحرّك بالمغنيط	1886، هول Hall وإيروه Heroult يخترعان إنتاج الألومينيوم بواسطة الحل الكهربائي
	1886، أول قلّاعة للشمندر من أ. باجاك	1889، الحديد المنكّل في الكروزوه. هادفيلد Hadfield يضع في شيفيلد أنواع فولاذ خاصة على المنغنيز والسيليسيوم
	1890، تربينة بخارية من دو لافال De Laval	1890، آلة لقطع التشبيكات المستقيمة من فيلوز Fellows
		1892، كربور الكالسيوم.
	1892، جرّارات زراعية بمحرّكات على البنزين في الولايات المتحدة	1892، أول سلسلة متواصلة لصنع المطيل في تلبيتز Telpitz

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1880، قطار إديسون الكهربائي في منلو بارك Menlo Park	
	1880، البدء بشقّ قناة بناما	
	1880، مصعد سيمنز الكهربائي	
	1882، إنارة شوارع نيويورك	
1883، اتفاق دولي في باريس من أجل حماية الملكية الصناعية	1883، رشاش أوتوماتيك من س. مكسيم في الولايات المتحدة	
1884، شارودنيه Chardonnet يكتشف الحرير الصناعي	1884، هوبكينز Hopkins يخترع البوصلة الجيرسكوبية	
1884، أول فيلم فوتوغرافي على لفافة من ج. إيستمان G.Eastman	1884، ناطحة سحاب مع صقالة معدنية في الولايات المتحدة	
1886، لينوتيب مرغنتالر Mergenthaler في الولايات المتحدة	1885، مشروع غوبيه Goubet للغوّاصة	
1886، فونوغراف سومنر تاينتر Sumner Tainter	1885، أول سكك حديدية في السنغال وكمبوديا. محاولات التشوير الكهربائي على الخطوط الحديدية. مركب بمحرّك كهربائي من ديملر	
1886، آلة لنفخ الزجاج	1887، حافلة كهربائية في مترو لندن	
1888، ج. إيستمان يصنع الجهاز الفوتوغرافي «كوداك»	1887 ـ 1889، برج إيفل Eiffel	
1889، فوتو غراف إديسون.		
1889، مكشاف الموجات من برانلي Branly	1887 ـ 1890، أولى سيارات بيجو Peugeot	
	1889، أول اتصالات لا سلكية عبر المانش (ماركوني)	
	1890، إقلاع كليمان أدير C.Ader على «الإيول L'Eole». عربة بخارية بثلاث عجلات من سربوليه Serpollet	

	استثمار	تحويل
	1893 ـ 1897، ر. ديزل يصنع أول محرك له	1893، بداية أبحاث بروستلان في أونيوه Unieux حول الفولاذ ذي القطع السريع
	1895، أعمال لورنتز وبيرّان حول الإلكترون. رونتجن Rœntgen يكتشف أشعة إكس	1895، طريقة تسييل الهواء من فون لينده C.Von Linde
	1896، بيكريل Becquerel يكتشف الإشعاعية	1897، وضع نوعي الفولاذ إنفار والنفار. أولى أنواع البلاستيك الكازييني. اختراع جبنين الصناعة
	1896، تربينة بخارية من ش.ج. كورتيس	1899، أفران تالبوه Talbot لإنتاج الفولاد المتواصل في الولايات المتحدة وفي انكلترا. شركة باير Bayer تنتج الأسبيرين الصناعي
1900	1901، تربينة متعددة الخلايا من راتوه Rateau	1900، اختراع السيلّوفان
	1906، أول تربينة غازية من هـ. هولزوارث H.Holzwarth	1900، فرن فولاذ كهربائي من إيروه Heroult
		1902، باكلند يخترع الباكليت
		1903، الحرير الاصطناعي (منسكوز) من ستيرن Stearn وتوفام Topham
		1905، تقويم السيلّوفان
		1906، تايلورو وايت يقوّمان أنواع الفولاذ سريعة القطع

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1891، أول محاولة تحليق من ليليانتال. أولى العجلات المطاطية القابلة للفكّ من ميشلان	
	1892، الصهريجية «موركس» تعبر قناة السويس.	
1893 ـ 1895، أولى أفلام إديسون ول. لوميير (صور ثابتة على شرائط)	1893، ليليانتال يصنع طائرة شراعية	
1897، نقل لاسلكي (برانلي وماركوني)	1898، أول معرض سيارات في باريس	
	1899، علبة السرعة بتشبيك مباشر (ل. رينو L.Renault)	
المونوتيب، آلة منضّدة جديدة (لطبع الحروف). انتشار طريقة النسخ بالحفر النسقي	1900، الكونت فون زبلين Von Zeppelin يحقّق أول منطاد مسيّر صلب	1900
1902 ـ 1904، جون فلمينغ ينجز كاشف حراري إيوني، سلف الصمامات الثنائية	1901، مايباخ يصنع أول سيارة مرسيدس	
1905، الشكل النهائي للسحّاب (جودسون)	1902، أولى محاولات الإخراج السينمائي: «Voyage dans la lune» من مليس	
1905، اختراع الخلية الكهربائية الضوئية	نحو 1903، طائرة أوكتاف شانوت الشراعية	
1906، لي دو فورست يخترع المصباح بثلاثة منافذ كهربائية، سلف الصمام الثلاثي	1903، أول إقلاع طائرة الأخوان رايت، تجهيز الزوارق بمحرّك ديزل	
1907، مصباح على التنغستين	1904 ـ 1913، الأمريكان يستعيدون أعمال شقّ مضيق بناما	

	استثمار	تحويل
		1908 ـ 1920، ألفرد فيلم Alfred Wilm يقوّم الدورالومين في دورن Düren
		1910، التوليت (T.N.T)
	1919 ـ 1923، دراسات مشروع مصنع يعتمد على قوّة المدّ المحرّكة في انكلترا	
		1924، طريقة التسويط المتواصل على الحار. تركيب الفيتامين د
1925		1927، الكاوتشوك الاصطناعي (بونا (Buna
	1932، لورنس وليفينغستون ينجزان أول سكلوترون في الولايات المتحدة	1928، زجاج الوقاية من و. باور W.Bauer

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1905، مطلق السيارة الكهربائي (بوسّو Bossu)	
	1907، البيلينوغراف، طريقة ضوئية برقية من بيلان Belin	
	1908، طيران ويلبر رايت	
	1909، بليريوه Beleriot يجتاز المانش	
1910، تقويم طرق الطباعة بالحفر الفوتوغرافي والأوفست	1910، «محلّل الصورة» من دارسونفال d'Arsonval. أولى أعمال زفوريكين Zworykin حول طريقة في التلفزة الإلكترونية	
1914، مصباح على التنغستين، كاتودات بأكسيدات معدنية	1911، طائرة فوازان Voisin ذات السطحين	
	1916، تقويم صناعة الدبابات في انكلترا. بثّ راديو عبر الأطلسي	
	1919، أول اتفاق دولي حول المواصلات الجوية	
	1920، اتقان تسجيل الصوت. هيكل سيارة من المطيل المطرّق في الولايات المتحدة	
	1923، أول جهاز تلفزيون الكتروني كلياً من رفوريكين. بعثة ستروان Citroën إلى الصحراء	
	1924، ن. ليفيسون: المزامنة الصوتية لفيلم على أسطوانة. ديزل كهربائي	
1925 ـ 1935، أولى محاولات التصوير بالألوان	1927، لندبرغ يجتاز الأطلسي	1925
	1928، أول أنبوب آلة تصوير تلفزيونية بداية الهاتف الآلي. ديزل غازي.	
1929، المصباح ذو الصمام المخمّس. الأسطوانة ذات التسجيل المباشر (الأسطوانة المرنة)	1929، أول برنامج تلفزيوني تجريبي (انكلترا). بداية البريد الجوي. أولى حافلات ديزل الكهربائية في الولايات المتحدة	

	استثمار	تحويل
		1930، الفرنسي أوجين أوذري يخترع التقطير الهدّام للبترول
		1933، طريقة التكرير يوجين - بيرّان. البوليتيلين
	1937، استعمال الميتان الطبيعي كمصدر للطاقة	1936، كاروذرس Carothers يخترع النيلون
	1942، أول مفاعل ذرّي في الولايات المتحدة (فرمي Fermi)	1938، المزيج فولاذ - رصاص
	1942، شركة هارفستر Harvester العالمية تقوّم آلة حصاد القطن	1939. تصنيع النيلون وضع الـ د.د.ت.
	1946، سيكلوترون متزامن، مسرّع الأويّلات في بركلي Berkeley. سنكروترون للالكترونات في الولايات المتحدة	1942، تصنيع السيليكون في الولايات المتحدة
	1947، أول مسطحة لحفر بئر بترول تحت البحر	1949، صبّ الفولاذ بصورة متواصلة
	1949، سيكلوترون دوبنا Doubna المتزامن في الاتحاد السوفياتي	
1950	1951، ظهور أصناف مهجّنة من الذرة سمحت بانتشار زراعتها	
	1952، سنكروترون أويّلات من بروكهافن Brookhaven	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1933، أولى ساعات الكوارتز في المراقب	1931، أول قاطرة كهربائية «ميشلين» أول بالون سكاكي (أ. بيكار A.Picard)	
	1934، ستروان يقوّم الجاذب الأمامي في السيارة	
1936، طريقة لالمان Lallemand في التصوير الالكتروني	1935، شركة IG Farben تطلق مسجّل الصوت ذا الشريط الأملس	
1938، القلم بالكرة في رأسه	1936، جهاز بث تلفزيون في لندن	
	1937، فيدوالر يخترع السينما المجسّمة.	
1939، وصل السيّارات آلياً (إ. طومسون). طرق أفلام ملوّنة بثلاث طبقات حساسة	1937، محاولات في انكلترا حول طائرة يدفعها راكس عنفي ويتل Whittle	
1942، سحب الأفلام الملوّنة على الورق. استخدام الحاسبة الالكترونية آيكن. مارك I، في هارفرد	1938، أول عبور تجاري لشمالي الأطلسي	
	1940، طائرة سيكورسكي Sikoraky المروحة في الولايات المتحدة.	1943، صدرة الغوّاص الذاتية من كونستو.
1947، اكتشاف الترانزستور آلة تصوير فورية التظهير، «بولا رويد»	1943، استخدام أول محرّك ثابت ألماني على صواريخ V1	
1948، كمبيوتر ادفاك Edvac. اسطوانة ميكروسيون طويلة الأمد. ترانزستور رؤوس من بوردن وبراتاين	1945، قنبلتان ذرّيتان على هيروشيما وناغازاكي	
	1946، غوّاصة الأعماق من أ. بيكار	
	1947، طائرة أمريكية بقيادة أوتوماتيكية تعبر الأطلسي. الطيّار الأمريكي ييغر Yeager يخترق جدار الصوت	
1951، ترانزستور وصلات من شوكلي، سباركس وتيل	1951 ـ 1952، قنبلة هيدروجينية في الولايات المتحدة	1950
1953، كمبيوتر آي. بي. إم 701 (IBM 701)	1953، قنبلة ذرّية حرارية	
	1954، أولى عمليات النقل بالمصندقات (Containers)	

	استثمار	تحويل
	1955، بناء فرن أوديُو Odeillo الشمسي	
	1956، إنتاج الكهرباء الذرّية في ماركول Marcoule (فرنسا)	
	1958، تجربة التألية الكاملة في استثمار منجم في فرجينيا	
	1962، مسطحات نصف غاطسة لحفر آبار البترول في البحر	
	1966، تشغيل مصنع قوّة المدّ المحركة في الرانس La Rance	
	1968، محرك سيارة بمكبس رحوي من ف. وانكل F.Wankel	
	1973، مفاعل فينيكس المولّد في ماركول	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
1955، حلقات المركّب الحديدي في ذاكرات الكمبيوتر	«نوتيلوس Nautilus» أول غوّاصة ذرّية في الولايات المتحدة. اتفاقية أوسلو حول تلوّث البحار. ترجمة أوتوماتيكية على الكمبيوتر	
1964، الدارات المتكاملة في الكمبيوتر	1956، مترو على العجلات المطّاطية في باريس. براءة بالطريقة سيكام في التلفزة الملوّنة	
1971، في الولايات المتحدة، وصنع الميكرو معالجات الالكترونية	1957، «سبوتنيك I» أول قمر صناعي حول الأرض	
	1958، «سكور» قمر صناعي للاتصالات	
	1959، «لونيك III» ينقل صور الجانب المخبّأ من القمر. استخدام «لينين»، كاسحة جليد سوفياتية ذات دفع ذرّي	
	1960، «ميداس I صاروخ دفاع. جهاز تنبيه «توروس I» قمر صناعي للأرصاد الجوية	
	1961، غاغارين يطير على متن مركبة فوستوك Vostok. مواصلات مسافية عبر انعكاسات موجات على القمر الصناعي «إيكو I»	
	1962، طيران غلين Glenn الفضائي. قمر تيلستار الصناعي للمواصلات المسافية المتلفزة. بداية الموندوفيزيون	
	1965، استخدام نفق مونبلان Mont-Blanc	
	1966، أولى تجارب الحافلة الهوائية	
	1967، أولى تجارب الكونكورد	
	1968، إقامة أول شبكة كمبيوترات في الولايات المتحدة	
	1969، مركبة «ليم Lem»، محمولة بصاروخ أبولو، تصنع أرومسترونغ وألدرين على القمر	

	استثمار	تحويل
1975	1976، إنتاج هجين من القمح والسلت	

صناعة حرفية	المكان والمواصلات	
	1973، أوّل موعد فضائي	
	1975، أولى الرحلات المنتظمة لطائرة الكونكورد	1975
	1976، حطّ مركبة على المريخ	



فهرس الأسماء

إنسنسون (ريموند)، مبتكر نموذج للتكهن التقني والاقتصادي، أميركي، معاصر.
إنغلز (فريدريك)، فيلسوف وعالم اقتصاد ألماني، 1820 ـ 1895.
أنغولام (الدوق لويس دانغولام)، ولي العهد في فرنسا (1824)، 1775 ـ 1844.
أنيسون (جان)، اختصاصي طباعة ومكتبات فرنسي، مدير مطبعة اللوفر الملكية، 1642 ـ 1740.
أوبالينوس ميغار (أو ساموس)، مهندس عمارة إغريقي، النصف الأول من القرن السادس ق. م.
أوبل (آدم)، صناعي ألماني، 1837 ـ 1895.
أوتو (نيكولاوس)، مهندس ألماني، مخترع محرّك غازي، 1832 ـ 1891.
أوتوكيوس، كاتب علمي إغريقي، مفسّر أرخميدس وأبولوينوس، القرن الخامس/ القرن السادس ق. م.
أوتينو (بول)، عالم سلالي فرنسي، ولد سنة 1930.
أودريكور (أندريه ـ جورج)، عالم سلالي، مستشرق وألسني فرنسي، ولد سنة 1911.
أودوكسوس، عالم فلك وفيلسوف إغريقي، 406 ق. م. ؟ ـ 355 ق. م. ؟
إوديم رودس، فيلسوف وعالم رياضيات ومؤرخ للعلوم، إغريقي، النصف الثاني من القرن الرابع ق. م.
أورانوس (نيسيفور)، مخطط حربي بيزنطي مؤلف دراسة عن الآلات الحربية، القرن العاشر.
أوربيسيوس، بيزنطي كتب مقالة عن الصيد، القرن السادس.
أورتور (ج.)، عالم هيدروليات فرنسي، نهاية القرن التاسع عشر.
أورتيس، اختصاصي هيدروليات إسباني عاش في هولندا، منتصف القرن السادس عشر.
أورستد (هانس كريستيان)، عالم كيمياء وفيزياء دانماركي، 1777 ـ 1851.
أورويل (جورج إريك بلير)، روائي وكاتب سياسي إنكليزي، 1903 ـ 1950.
أوري (بيار)، عالم اقتصاد فرنسي، ولد سنة 1911.
أوريسم (نيكول)، قس وعالم فرنسي، 1325؟ ـ 1382.
أوزو (أدريان)، عالم فلك وفيزياء فرنسي، 1622 ـ 1691.
أوزون (ديسيموس ماغنوس أوزونيوس)، شاعر لاتيني، حاكم في غاليا، وإيطاليا وإيليريا، وإفريقيا، ولد نحو سنة 310 وتوفي بعد 393.
أوسمالان (غي)، عالم اقتصاد فرنسي، ولد سنة 1927.
أوسمون (فلوريس)، عالم كيمياء ومهندس صناعة معدنية فرنسي، 1849 ـ 1912.
أوغبورن (وليام فيلدنغ)، عالم اقتصاد واجتماع أميركي، أستاذ في جامعة شيكاغو، ولد سنة 1886.
أوغستان (سان)، عالم لاهوت لاتيني، أب الكنيسة، 354 ـ 430.
أوغون (بيار)، مهندس فرنسي ساهم في اختراع محرك إنفجاري، ولد سنة 1814 ـ ؟.
أوكسيرون (كلود فرنسوا)، مهندس فرنسي، رائد الملاحة على البخار، 1728 ـ 1778.
أولاف الأول تريغفاسون، ملك النروج (995)، 969 ـ 1000.

باباج (تشارلز)، ميكانيكي، عالم رياضيات واقتصاد إنكليزي، 1790 ـ 1871.

بابان (دنيس)، عالم فيزياء فرنسي، مخترع آلة بخار، 1647 ـ 1714.

بابوس، عالم هندسة إغريقي اسكندراني، نهاية القرن الثالث.

بابي (لويس)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1903.

باتشينوتي (أنطونيو)، عالم فيزياء ومخترع إيطالي، 1841 ـ 1912.

باتشيولي (لوكا)، المعروف بـ فراتي لوكادي بورغو، فرنسيسكاني، عالم بالآداب القديمة وعالم رياضيات إيطالي، 1445 ـ 1510.

باتيست (باتيست دي كامبري)، غزّال فرنسي، القرن الثالث عشر.

باخوس، إله الخمر الروماني، نظير ديونيسوس لدى الإغريق.

بار (ريمون)، عالم اقتصاد وسياسي فرنسي، ولد سنة 1924.

باربا (ألفاريز ألونسو)، عالم معادن وكاهن إسباني من القرن السابع عشر، منظّر في علم المعادن (نحو 1640).

بارت ـ ريو (كلودين)، عالمة جغرافيا فرنسية، ولدت سنة 1942.

بارت (كارل ج.)، عالم رياضيات أميركي، 1860 ـ 1935.

بارتون (جون)، ميكانيكي إنكليزي، القرن التاسع عشر.

بارتيليمي المسّيني، فقيه لغوي إيطالي، وضع دراسات في البيطرة باللغة اللاتينية (منتصف القرن الثالث عشر).

باردو (آرفيد)، دبلوماسي مثل مالطة في منظمة الأمم المتحدة، ولد سنة 1914.

باردين (جون)، عالم فيزياء، أميركي، ولد سنة 1908.

بارسانتي (أوجينيو)، عالم فيزياء وصانع محرّكات إيطالي، 1921 ـ 1864.

بارسونز (السير جورج ألفيرنون)، مهندس وكاتب علمي إنكليزي، 1854 ـ 1931.

باركر، ميكانيكي إنكليزي، القرن الثامن عشر.

بارو (جول)، مهندس وصناعي فرنسي، 1857 ـ 1929.

باري (جون)، ميكانيكي إنكليزي واضع الحارق، نهاية القرن الثامن عشر.

باريت (وليام ف.)، عالم فيزياء إنكليزي، اختصاصي في علم المعادن والمغناطيسية، 1844 ـ 1925.

باستر مادجيان (هنري)، عالم اقتصاد فرنسي من أصل أرمني، 1904 ـ 1954.

باستور (لويس)، عالم كيمياء وإحياء مجهري فرنسي، 1822 ـ 1895.

باستيا (كلود فريديريك)، عالم اقتصاد فرنسي، 1801 ـ 1850.

باسكال (بليز)، فيلسوف وعالم رياضيات وفيزياء فرنسي، 1623 ـ 1662.

باسكييه (إتيان)، متشرّع وقاضي فرنسي، 1529 ـ 1615.

باسيفاي، ملكة أسطورية لجزيرة كريت.

باسيليو ديلا سكوولا، مهندس عسكري إيطالي، ؟ ـ بعد 1522.

برتوليه (الكونت كلود ـ لويس)، عالم كيمياء وطبيب فرنسي، 1748 ـ 1822.
برتوه (فردينان)، صانع ساعات، مخترع وكاتب علمي فرنسي، سويسري الأصل، 1727 ـ 1807.
برتيلوه (مارسيلان)، عالم كيمياء فرنسي، 1827 ـ 1907.
برتييه (م.)، عالم آثار ومؤرخ للتقنيات، فرنسي، معاصر.
برجيس (أرستيد)، صانع ورق ومهندس هيدروليات فرنسي، 1833 ـ 1904.
برزليوس (جونس جاكوب، بارون)، عالم كيمياء سويدي، 1779 ـ 1848).
برسي (جون)، صناعي معدني إنكليزي، 1817 ـ 1889.
بركين (لويس دي)، جواهري فلمندي من القرن الخامس عشر، مبتكر طريقة في صقل الماس (1476).
برنولي (جان الأول)، عالم رياضيات سويسري، فلمندي الأصل، 1667 ـ 1748.
برنولي (دانيال)، عالم فيزياء ورياضيات سويسري، ابن جان الأول، 1700 ـ 1782.
برو (ڤيكتور)، مؤرخ للتقنيات، فرنسي، 1831 ـ 1884.
برودون (بيار ـ جوزيف)، فيلسوف فرنسي، 1809 ـ 1865.
بروديل (فرنان)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1902.
بروسبيرين، إلهة الزراعة لدى الرومان، ابنة سيريس وجوبيتير، زوجة الإله بلوتون.
بروستلان (هنري إيميه)، صناعي فرنسي، أحد مخترعي أنواع الفولاذ الخاصة، 1833 ـ 1912.
بروغل (بيتر)، رسام ونقّاش فلمندي، من مدرسة بروكسل وآنفير، 1526\1531 ـ 1569.
بروكلوس أوبروكولوس القسطنطيني، فيلسوف إغريقي (نيو أفلاطوني) وكاتب علمي اسكندراني، 412 ـ 485.
بروميتيوس، بطل أسطورة إغريقي.
برونشفيغ (هاير)، صناعي معدني ألماني، بداية القرن السادس عشر.
برونل (إيسمبار كنغدوم)، مهندس بحري إنكليزي، مخترع أول سفينة بخارية عابرة للأطلسي، 1806 ـ 1859.
برونل (السير مارك إيسمبار)، مهندس بحري إنكليزي من أصل فرنسي، والد إيسمبار كنغدوم برونل، 1769 ـ 1849.
برونليشي (فيليبو)، مهندس عمارة ونحات وصائغ وصانع آلات إيطالي، 1377 ـ 1446.
برونوتيير (فردينان)، مؤرخ فرنسي، 1849 ـ 1906.
برونوه (فردينان)، لغوي فرنسي، 1860 ـ 1938.
بروني (غاسبار ـ ماري ريش، بارون)، عالم رياضيات ومهندس فرنسي، 1755 ـ 1839.
بروي (القس هنري)، مختص في ما قبل التاريخ، فرنسي، 1877 ـ 1961.
بري (جان دي)، إداري فرنسي (في بلاط شارل الخامس)، منظّر في تربية الأغنام، 1349? ـ بعد 1380.
بريت (جون و.)، مهندس إنكليزي مختص في التلغراف، 1805 ـ 1863.

بويل (روبرت)، عالم كيمياء وفيزياء إنكليزي، 1627 ـ 1691.

بويوه (جاك)، عالم رياضيات، ومهندس وعالم جغرافيا فرنسي، ؟ ـ 1677.

بي تشنغ، فنان حرفي صيني من القرن الحادي عشر، يُنسب إليه اختراع تنضيد الحروف للطباعة (1041 ـ 1048).

بيار دي كريسان (بييترو دي كريسنزي)، رجل قضاء وعالم زراعة إيطالي، كاتب باللغة اللاتينية، 1230 ـ 1320 أو 1321.

بيار دي ماريكور، أو بيتروس بيريغرينوس، فيلسوف ومهندس وعالم فيزياء فرنسي من القرن الثالث عشر (توفي بعد عام 1269).

بيبان الثالث، ملك الإفرنج (751)، مؤسس سلالة الكورلينخيين، 715؟ ـ 768.

بيت (فينياس)، مهندس بحري وكاتب تقني إنكليزي، 1570 ـ 1647.

بيتانكور (أوغستان دي)، ميكانيكي فرنسي، 1758 ـ 1824.

بيتون، ميكانيكي إغريقي، منتصف القرن الثالث ق.م.

بيتوه (هنري)، مهندس وعالم فيزياء فرنسي، 1695 ـ 1771.

بيجو (أرمان)، صناعي فرنسي، 1849 ـ 1915.

بيجو، مصنع سيارات أنشأه أرمان بيْجو.

بير نغوتشيو (ڤانوتشيو)، عالم كيمياء ومعادن إيطالي، 1480 ـ 1539.

بيران (رينه)، مهندس وصناعي فرنسي، 1893 ـ 1966.

بيرد (جون لوجي)، مهندس وعالم فيزياء اسكتلندي، 1888 ـ 1946.

بيرد (جيمس)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1923.

بيرس (جون)، مهندس كهرباء أميركي، ولد سنة 1910.

بيرسون (هارلو ستافورد)، اختصاصي في تنظيم العمل، أميركي، ولد سنة 1875 ـ؟.

بيركين (السير وليام هنري)، عالم كيمياء إنكليزي، 1838 ـ 1907.

بيرل (أدولف أغسطس)، عالم اقتصاد ودبلوماسي أميركي، ولد سنة1895.

بيرمبوه (أرتور)، مؤرخ فرنسي للعلوم والتقنيات، ولد سنة 1905.

بيروس، ملك إبيرا (297 ق.م)، قهره الرومان (275 ق.م.)، 318 ق.م. ـ 272 ق.م.؟

بيروڤيريو أو باروڤييه (مارينو)، صانع زجاج إيطالي (ينتمي إلى سلالة أسّسها في مورانو بارتولوميو باروڤييه، نهاية القرن الرابع عشر)،؟ ـ 1480.

بيرونيه (جان ـ رودولف)، مهندس فرنسي، 1708 ـ 1794.

بيروه (فرنسوا)، عالم اقتصاد فرنسي، ولد سنة 1903.

بيرّوه (كلود)، مهندس عمارة وطبيب وعالم طبيعيات فرنسي، 1613 ـ 1688.

بيري (برايان ج.ل.)، عالم جغرافيا إنكليزي، ولد سنة 1934.

بيري (الدوق جان دي ڤالوا)، أمير فرنسي، صاحب مجموعات كان نصيراً للعلماء، 1340 ـ 1416.

بيندار، شاعر إغريقي، 521 ق.م.؟ ـ 441 ق.م.
بينوه (أولفونس)، مهندس طيران فرنسي، 1850 ـ 1880.
بينيديتي (جيامباتيستا)، عالم رياضيات إيطالي، 1530 ـ 1590.
بينيه (فرنسوا)، صناعي أحذية فرنسي، 1817 ـ 1897.
بينيون (جان ـ بول)، خطيب فرنسي، حافظ مكتبة الملك وعضو في الأكاديمية، 1662؟ ـ 1743.
بيهيه (إ.)، مخترع فرنسي، مؤسس ومدير شركة ميكانيك (من 1823 إلى 1848).
بييرلز (رودولف)، عالم فيزياء ألماني، ولد سنة 1907.
تارتاليا أو تارتا غليا (نيكولو)، عالم رياضيات إيطالي، 1499؟ ـ 1557.
تاكولا؛ انظر ماريانو دي جاكوبو داسيينا.
تالابوه (بولان)، مهندس وصناعي وسياسي فرنسي، 1799 ـ 1885.
تالوس، بطل أسطورة إغريقي.
تاليس، فيلسوف وعالم رياضيات إغريقي، 640 ق.م. ـ 548 ق.م.
تانري (بول)، مؤرخ علوم ومهندس فرنسي، 1843 ـ 1904.
تانغ، سلالة إباطرة صينيين من تشان ـ سي (618 ـ 907) وهو ـ نان (923 ـ 936).
تاولر (يوهانس)، مبشر وشاعر ديني ألماني، 1300 ـ 1361.
تايلكوت (رونالد فرانك)، متخصص بعلم المعادن ومؤرخ انكليزي للصناعة المعدنية، معاصر.
تايلور (جون)، عالم زراعة ورجل دولة أميركي، 1753 ـ 1824.
تايلور (فريدريك ونسلو)، صناعي أميركي، أول منظّر لتنظيم العمل علمياً، 1856 ـ 1915.
تحوتمس الثالث، فرعون من السلالة الثامنة عشرة (1483 ق.م.)، ؟ ـ 1450 ق.م.
تراجان (ماركوس أولبيوس تراجانوس)، أمبراطور روماني (98)، 53؟ ـ 117.
ترستون (روبرت هنري)، مؤرخ للتقنيات ومهندس أميركي، 1839 ـ 1903.
ترنوه (غييوم ـ لويس)، صناعي (نسيج) وسياسي فرنسي، 1763 ـ 1833.
ترومان (هاري س.)، رجل دولة أميركي، رئيس الولايات المتحدة (1945 ـ 1953)، 1884 ـ 1972.
تريجيه (جاك)، مهندس مناجم فرنسي، منتصف القرن التاسع عشر.
تريفيثيك (ريتشارد)، اختصاصي ميكانيك إنكليزي، أحد مخترعي القاطرة البخارية، 1771 ـ 1833.
تسويه لينغ، صناعي صيني بنى طواحين مائية، 386 ق.م.؟ ـ 334 ق.م.
تسين (دولة)، انظر زو.
تشايلد (ڤيري غوردون)، عالم آثار واختصاصي في ما قبل التاريخ، أوسترالي، 1892 ـ 1957.
تشو ـ فو، كاتب وعالم زراعة صيني، نهاية القرن الحادي عشر ـ القرن الثاني عشر.
تلييه (شارل)، مخترع فرنسي لحفظ الأطعمة عن طريق التبريد، 1828 ـ 1913.

جاكوبي (موريتز هرمان فون)، مهندس كهرباء ومخترع ألماني، 1801 ـ 1874.
جان الثاني، ملك البرتغال، 1455 ـ 1495.
جان دارك، بطلة فرنسية، 1412 ـ 1431.
جان دي بري، كاتب مقالة عن رعي الماشية، فرنسي، القرن الرابع عشر.
جان دي غارلاند، شاعر ونحوي ومنظّر في الموسيقى، فرنسي من أصل إنكليزي، 1180؟ ـ بعد 1258.
جان لوكلابري، اسم جرت العادة على إعطائه لغزّال إيطالي يُفترض أنه اخترع نولاً للحرير، الربع الأخير من القرن الخامس عشر؟
جان (هنري)، عالم اجتماع ورجل دولة بلجيكي، ولد سنة 1908.
جانليس (الكونتيسة ستيفاني ـ فيليسيتيه دو كريست دي سان ـ أوباف)، أديبة فرنسية، مربّية دوقات أورليان، 1746 ـ 1830.
الجزري، عالم فيزياء عربي من القرن الثالث عشر، ألف دراسات عن الأوتومات والساعات المائية (نحو 1215 ـ 1230).
جن تسونغ، أمبراطور صيني (1022) من سلالة سونغ، ؟ ـ 1063.
جوبير (بيار)، قسيس ألف معجماً عن المهن والتقنيات، 1715 ـ 1789.
جوجون (جاك)، ميكانيكي فرنسي، 1646 ـ 1724.
جورج (بيار)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1909.
جوردانوس نيموراريوس، مؤلف كتب عدة في الرياضيات والميكانيك، ربما يكون نفسه جيوردانوس ساكس، دومينيكي وعالم لاهوت ألماني، 1185 ـ 1237.
جوس (ماتوران)، كاتب تقني فرنسي، 1607 ـ 1650.
جوستينيان الأول الكبير، أمبراطور الشرق (527)، 482 ـ 565.
جوسيو (برنار)، عالم نبات وطبيعيات فرنسي، 1699 ـ 1776.
جوغلار (كليمان)، عالم اقتصاد وطبيب فرنسي، 1819 ـ 1905.
جوفروا دابان (المركيز كلود)، مهندس فرنسي، صانع أولى السفن البخارية، 1751 ـ 1832.
جوڤان (كزافييه)، صانع قفازات فرنسي، 1801 ـ 1844.
جول الإفريقي (سكستوس جوليوس)، مهندس عمارة لاتيني من أصل فلسطيني، توفي بعد سنة 230 على ما يُعتقد.
جول (جيمس برسكوت)، عالم فيزياء وصناعي انكليزي، 1818 ـ 1889.
جولياني (ليو)، مهندس وعالم اقتصاد فرنسي، ولد سنة 1920.
جوليو ـ كوري (فريديريك)، عالم فيزياء فرنسي، زوج إيرين كوري، 1900 ـ 1958.
جون (هـ)، عالم كيمياء تشيكوسلوفاكي، معاصر.
جوهانسون (كارل إد.)، مخترع سويدي لمعايير السماكة، 1864 ـ 1949.
جيديون (سيغفريد)، مهندس عمارة أميركي، 1888 ـ 1968.

دراكمان (آ ج ج.)، مؤرخ دانماركي للعلوم، ولد سنة 1891.

درايك (إدوين لورنتين)، صناعي أميركي، رائد استثمار البترول في الولايات المتحدة (في بنسلفانيا)، 1819 ـ 1880.

دروز (بيار ـ جاك)، ميكانيكي سويسري أخ جان ـ بيار، صانع أوتومات، 1721 ـ 1790.

دروز (جان ـ بيار)، نقاش أوسمة سويسري، عاش في باريس، ميكانيكي ومخترع أدوات، 1746 ـ 1825.

دروسوس (نيرو كلاوديوس)، جنرال روماني، الأخ الأصغر لتيبرويوس، 38 ق.م. ـ 9 ق.م.

الدمشقي، كوزمو غرافي (مختص في علم وصف الكون) سوري، عربي اللغة، ? ـ 1326 أو 1527.

دنيس الاسكندراني، مهندس إغريقي، صانع آلات، القرن الثالث ق.م.

دنيس الأول، حاكم سيراكيوز (405 ق.م.)، 432 ق.م.؟ 367 ق.م.

دنيسون (هنري س.)، اختصاصي في تنظيم العمل، أميركي، 1877 ـ 1952.

دوبون دي تيمور (إلوتير ـ إيرينيه)، صناعي أميركي من أصل فرنسي، 1771 ـ 1834.

دوبون دي نيمور، مجمّع صناعي أميركي أسّسه إلوتير ـ إيرينيه دوبون دي نيمور.

دوبيلاي (رينه)، أسقف فرنسي، كاهن المان le Mans (1535 ـ 1542)، كان نصيراً للأدباء والعلماء، نحو 1496 ـ 1546.

دور (صموئيل ج.)، مخترع أميركي، بداية القرن التاسع عشر.

دورير (ألبر يخت)، رسام ونقّاش أوسمة ألماني، 1471 ـ 1528.

دوزا (ألبير)، ألسني وكاتب فرنسي، 1877 ـ 1955.

دوسير (أوليفييه)، عالم زراعة وكاتب فرنسي، 1539 ـ 1619.

دوشي، إداري صيني من القرن الأول، حاكم نانيانغ (سنة 31 للميلاد).

دوغلاس (بول هاورد)، عالم اقتصاد أميركي، ولد سنة 1892.

دوڤال (بول ـ ماري)، عالم آثار ومؤرخ للعصر القديم الفرنسي، ولد سنة 1912.

دولفوس ـ ميغ (دانيال)، صناعي نسيج فرنسي، 1769 ـ 1818.

دولفوس (شارل)، مؤرخ فرنسي للتقنيات، ولد سنة 1893.

دولوند (جون)، صانع أدوات بصرية (مع ابنه بيتر)، انكليزي، 1706 ـ 1761.

دومار (إيفزي ديفيد)، عالم اقتصاد أميركي بولندي الأصل، ولد سنة 1914.

دوما(موريس)، مؤرخ فرنسي للعلوم والتقنيات، ولد سنة 1905.

دومون (جان ـ بيار)، عالم اجتماع وصحافي فرنسي، ولد سنة 1937.

دوميتيانوس، أمبراطور روماني (69)، 51 ـ 96.

دون كيخوتي، شخصية ألّفها سيرفنتس.

دوندي دال أورولودجيو (ياكوبو)، طبيب وخيميائي ومنجّم وكاتب تقني إيطالي، 1298 ـ 1359.

دوهاميل دومونسو (هنري ـ لويس)، عالم فيزيائي ونباتي وكيميائي وزراعي فرنسي، مفتش في

ديكارت (رنيه)، فيلسوف وعالم رياضيات وفيزياء فرنسي، 1596 ـ 1650.
ديكسون (ج. ت.)، عالم كيمياء أميركي، معاصر.
ديكنسون (هنري)، مؤرخ إنكليزي للتقنيات، 1870 ـ 1952.
ديكوستير (بيار)، ميكانيكي فرنسي من أصل بلجيكي، صانع آلات ـ أدوات، 1806 ـ 1861.
ديكوفيل (بول)، صناعي رجل سياسة فرنسي، 1846 ـ 1922.
ديلا بورتا (جياكومو)، مهندس عمارة ونحات إيطالي، 1540 ـ 1602.
ديلا بورتا (جيوفاني أنطونيو)، مهندس عسكري إيطالي، 1485 ـ 1555.
ديلا سكوولا (باسيليو)، انظر: باسيليو.
ديلا فرنشسكا (بييرو)، رسام وكاتب فني إيطالي، 1410 ـ 1492.
ديلا ڤالي (بارتولوميو)، مهندس هيدروليات إيطالي، منتصف القرن الخامس عشر.
ديلا ڤالي (جيوفان باتيستا)، مهندس عسكري إيطالي، واضع نظرية للتحصين 1470 ـ 1550.
ديلا ڤولبي (جيان باتيستا، ضارب نقود إيطالي (استقر في روسيا بين 1462 و 1500).
ديلاج (لويس)، مهندس وصناعي فرنسي، صانع سيارات (منذ 1905)، 1874 ـ 1947.
ديلز (هرمان)، مؤرخ ألماني للتقنيات، 1848 ـ 1922.
ديمانجون (ألبير)، عالم جغرافيا فرنسي، 1872 ـ 1940.
ديملر (غوتليب)، مهندس وصناعي ألماني، صانع أول سيارة ألمانية، 1834 ـ 1900.
ديمو كريتوس، فيلسوف إغريقي، مؤسس مدرسة أبدير، 460 ق.م.? ـ 370?.
ديميتر، إلهة إغريقية.
ديميتريوس الأول بوليورسيت، ملك مقدونيا (حوالي سنة 293 ق.م.)، ابن أنتيغون مونو فتالموس، 336 ق.م. ـ 283 ق.م.
ديميتريوس فالير، سياسي وخطيب وفيلسوف أثيني (استقر في مصر نحو سنة 295 ق.م.)، 345 ق.م. ـ 283 ق.م.
دين (السير أنطوني)، صانع سفن وكاتب تقني إنكليزي، 1638 ـ 1721.
دين (فيليس)، مؤرخة إنكليزية للتقنيات، معاصرة.
ديودورس الصقلي، مؤرخ إغريقي، ولد في صقلية في القرن الأول ق.م. وتوفي بعد سنة 21 ق.م.
ديوكليسيانوس (كايوس ڤاليريوس)، أمبراطور روماني (284 ـ 305)، 245 ـ 313.
ديوميد، بطل أسطورة إغريقي.
رابان ماور (رابانوس ماغننتيوس ماوروس)، راهب بنيدكتي ألماني، قسيس فولدا وأسقف مايانس، عالم وشاعر ولاهوتي لاتيني اللغة، 784? ـ 856.
رابليه (فرنسوا)، كاتب فرنسي، 1494 ـ 1553.
راتناو (والتر)، صناعي وسياسي واقتصادي ألماني، 1867 ـ 1922.
راتوه (أوغست)، مهندس مناجم واختصاصي ميكانيك في التربينات، فرنسي، 1863 ـ 1930.
رافاياك (فرنسوا)، قاتل هنري الرابع، 1578 ـ 1610.

روسيو (جيرالدو)، بيطري خيول إيطالي، بداية القرن الرابع عشر.
روسيو (لورنزو)، طبيب بيطري إيطالي، كاتب علمي، 1288 ـ 1347.
روشا (مارسيل)، صناعي عطورات فرنسي، 1903 ـ 1955.
روفو دي كالابريا (جيوردانو)، مارشال إيطالي لدى فريديريك الثاني الصقلي، كاتب علمي وطبيب بيطري، ؟ ـ بعد سنة 1254.
روڤيران (جان ـ كلود)، عالم زراعة فرنسي، معاصر.
روكفلر (جون دايفيسون)، صناعي وفاعل خير أميركي، أسس سنة 1913 مؤسسة روكفلر، 1839 ـ 1937.
رولو (فرنسوا)، مهندس ميكانيك ألماني، 1829 ـ 1905.
رومكورف (هاينريك دانييل)، اختصاصي كهرباء وميكانيك، 1803 ـ 1877.
روميو (نيكولا)، صناعي إيطالي، مؤسس شركة السيارات ألفا ـ روميو، 1876 ـ 1938.
رونتشي (فاسكو)، مؤرخ إيطالي للعلوم، ولد سنة 1897.
روندليه (غييوم)، طبيب وعالم طبيعيات فرنسي، كاتب باللغة اللاتينية، 1507 ـ 1566.
رويتزر (ماتاووس)، عالم هندسة ألماني، نهاية القرن الخامس عشر.
رويكوس ساموس، مهندس عمارة وصبّاب برونز إغريقي، إليه يُنسب اختراع إذابة البرونز، النصف الأول من القرن السادس ق.م.
ريتشاردسون (السير أوين)، عالم فيزياء إنكليزي، 1879 ـ 1959.
ريتير (ريمون)، مؤرخ ومحام فرنسي، 1874 ـ 1974.
ريسيل (جوزيف لودفيغ فرانتيسيك)، صناعي بحري ومخترع تشيكي، 1793 ـ 1857.
ريشار ـ لونوار (فرنسوا ريشار)، صناعي فرنسي في غزل القطن، 1765 ـ 1839.
ريشار (جان)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1921.
ريشتا (رادوڤان)، عالم اقتصاد تشيكوسلوفاكي، معاصر.
ريشليو (أرمان، جان دو بليسيس)، كاردينال ورجل دولة فرنسي، 1585 ـ 1642.
ريغلي (جوشوا)، صانع آلات بخار إنكليزي، النصف الثاني من القرن الثامن عشر.
ريڤوه دي فلورنس (دافيد)، اختصاصي في سلاح المدفعية، فرنسي، 1571 ـ 1615.
ريڤيير (جورج ـ هنري)، عالم سلالة وأمين متاحف فرنسي، ولد سنة 1897.
ريكاردو (دايفيد)، عالم اقتصاد إنكليزي، 1772 ـ 1823.
ريلي (إ.)، عالم كيمياء إنكليزي، منتصف القرن التاسع عشر.
ريمنغتون (فيلو)، مهندس وصناعي أميركي، 1816 ـ 1889.
رين (السير كريستوفر)، مهندس عمارة وعالم فلك ورياضيات وميكانيك إنكليزي، 1632 ـ 1723.
رينوه، مصنع سيارات أسسه لويس رينوه (1877 ـ 1945).
ريومور (رنيه ـ أنطوان فرشوه دي)، عالم طبيعيات ورياضيات وفيزياء وكيمياء فرنسي، 1683 ـ 1757.

سانميكيلي (ميكيلي)، مهندس معماري وعسكري إيطالي، 1484 ـ 1559.
ساي (جان ـ باتيست)، عالم اقتصاد فرنسي، 1767 ـ 1832.
ساي (لويس أوغست)، صناعي فرنسي مؤسس معمل للتكرير، 1774 ـ 1840.
سبنسر (كريستوفر)، صانع آلات ـ أدوات أميركي، 1833 ـ 1922.
سبيري (ألمر أمبروز)، مخترع أميركي لقيادة الطائرات أوتوماتيكياً، 1860 ـ 1931.
ستارو بولي (أندريه)، اختصاصي فرنسي في سياسة البحث، ولد سنة 1940.
ستاسانو (إرنستو)، مهندس وصناعي معدني إيطالي، 1859 ـ 1922.
ستاو دنغر (هرمان)، عالم كيمياء ألماني، 1881 ـ 1965.
سترابون، عالم جغرافيا إغريقي، 58 ق.م.؟ ـ توفي بين سنتي 21 و 25؟
ستراتون لامبساك، فيلسوف (مشّائي) وعالم فيزياء إغريقي اسكندراني، 328 ق.م. ـ 270 ق.م./ 268 ق.م.
سترادا أروزبرغ (جاك)، اختصاصي هيدروليات نيرلندي، 1515؟ ـ 1588.
ستراسمان (فريتز)، عالم كيمياء ألماني، ولد سنة 1902.
ستورنالوكو (غابرييل)، عالم هندسة ومهندس عمارة إيطالي، نهاية القرن الرابع عشر.
ستيرلنغ (روبرت)، قس واختصاصي ميكانيك وصناعي معدني إنكليزي، 1790 ـ 1878.
ستيفنسون (جورج)، مخترع إنكليزي صانع أول قاطرة بخارية، 1781 ـ 1848.
ستيڤن (سيمون)، (المعروف أيضاً بـ سيمون دي بروج)، عالم رياضيات ومهندس فلمندي، 1548 ـ 1620.
ستيڤنس (جون)، صانع سفن أميركي، أحد رواد الملاحة البخارية، 1749 ـ 1838.
سفورزا، عائلة إيطالية من أسياد ودوقات جنوى (1464 ـ 1499) وميلانو (1450 ـ 1535).
سفورزا (فرنشسكو الأول)، دوق ميلانو (1450) وقائد مرتزقة إيطالي، 1401 ـ 1466.
سقراط، فيلسوف إغريقي، 468 ق.م.؟ ـ 400 ق.م.؟
سكروفا (كنيوس ترميليوس)، عالم زراعي لاتيني، القرن الأول ق.م.
سكريف (أنطوان)، صناعي فرنسي، 1789 ـ 1864.
سكوت (هوارد)، فيلسوف أميركي، ولد سنة 1919.
سلايتر (صموئيل)، صناعي (في القطن)، أميركي، من أصل إنكليزي، 1768 ـ 1835.
سمرمنت (كلاوس)، كان صاحب مناجم ألماني من القرن الخامس عشر (كُلّف بأشغال في فرنسا، من قبل شارل السابع، سنة 1450).
سميتون (جون)، مهندس إنكليزي للأشغال العامة، صانع أدوات علمية وآلات، 1724 ـ 1792.
سميث (آدم)، فيلسوف وعالم اقتصاد اسكتلندي، 1723 ـ 1790.
سميث (أوبرلين)، عالم فيزياء أميركي، 1840 ـ ؟.
سميث (جيمس)، اختصاصي ميكانيك إنكليزي، مخترع المبذر ذي السكك التمفصلة (حوالي 1800).

سياستيان (جان تروشيه)، كرملي، عالم فيزياء وميكانيك فرنسي، 1657 ـ 1729.
سيبيستيك (جان)، مؤرخ فرنسي للعلوم وإبستمولوجي، ولد سنة 1931.
سيتوني (بيرونيمو)، مهندس في العمارة والتنظيم المدني، إيطالي، النصف الثاني من القرن السادس عشر.
سيدوان أبولينير (سوليوس مودستيوس أبوليناريس سيدونيوس)، أسقف غالي/ روماني من كليرمون، كاتب لاتيني اللغة، 430\433 ـ 487؟
سيرز (ريتشارد وارن)، تاجر وصناعي أميركي، ؟ ـ 1914.
سيرفييه (ج.)، عالم سلالة واجتماع فرنسي، ولد سنة 1918.
سيريس، إلهة لاتينية للحصاد والزراعة.
سيريني (إميليو)، سياسي وعالم اقتصاد إيطالي، ولد سنة 1907.
سيزار (بيار)، أمين محفوظات ومؤرخ فرنسي، ولد سنة 1916.
سيسموندي (جان ـ شارل ـ ليونارد سيموند)، مؤرخ وعالم اقتصاد سويسري، 1773 ـ 1842.
سيغان (مارك)، مهندس فرنسي في سكك الحديد، مخترع وعالم فيزياء، 1786 ـ 1875.
سيغردسون (يون)، دبلوماسي وعالم جغرافيا سويدي، معاصر.
سيغفريد (أندريه)، كاتب فرنسي، مؤرخ وعالم اقتصاد، 1875 ـ 1959.
سيلا (لوسيوس كورنيليوس)، جنرال ورجل دولة روماني، ديكتاتور (83 ق.م./ 79 ق.م.)، 136 ق.م. ـ 78 ق.م.
سيلّيني (بينڤينوتو)، صائغ وناقش أوسمة ونحات إيطالي، 1500 ـ 1571.
سيمنز (فريدريك)، مهندس وعالم كيمياء ألماني، أخو ڤرنر وشريكه، 1826 ـ 1904.
سيمنز (ڤرنر فون)، صناعي معدني ومخترع (فني كهرباء) ألماني، أخو العالمين السابقين، 1816 ـ 1892.
سيمنز (كارل ڤيلهلم)، مهندس وعالم كيمياء ألماني، أخو فريدريك وڤرنر، 1823 ـ 1883.
سيمنز، مجمّع صناعي أسّسه ڤرنر فون سيمنز.
سيمونو البكر (شارل)، نقّاش ورسام فرنسي، 1645 ـ 1728.
سينليك (كونستانتان)، من أول مَن بدأ باختراع التلفزيون، نهاية القرن التاسع عشر.
سينوه، ميكانيكي فرنسي مخترع دولاب المغزل (حوالي سنة 1795).
سينياس تسّاليا، وزير وجنرال لدى الملك بيروس (بين سنة 297 ق.م. وسنة 275 ق.م.).
سينيكا (لوسيوس أنايوس)، فيلسوف ومؤلف درامي لاتيني، 4 ق.م. ـ 65.
سينيه (أ.)، مؤرخ فرنسي لتقنيات البناء، معاصر.
شابرول (جان ـ بيار)، روائي فرنسي، ولد سنة 1920.
شابليه، صناعي معادن فرنسي، نهاية القرن التاسع عشر ـ بداية القرن العشرين.
شابمان (فريدريك هنريك)، أميرال سويدي، اختصاصي في بناء السفن، 1721 ـ 1808.
شارب (لوسيان)، مهندس أميركي، مؤسس مصنع آلات ـ أدوات مع دايفيد براون (1833).

غيلكريست (بيرسي)، صناعي معادن إنكليزي، 1851 ـ 1935.
غيليرم (جاك)، مؤرخ فرنسي للعلوم، ولد سنة 1928.
غيوم الأول الفاتح، دوق النورماندي (1035) وملك إنكلترا (1066)، 1027 ـ 1087.
غيوم دي موربيك، دومينيكي وقس فلمندي، عالم لاهوت ومترجم أعمال إغريقية، 1215 ـ 1286.
غيوم (شارل ـ إدوار)، عالم فيزياء وكاتب علمي سويسري، 1861 ـ 1938.
فادريكي (وون)، ولي عهد إسبانيا، أخ ألفونس الحكيم، 1224 ـ 1271.
الفارابي (أبو نصر محمد بن تارخان بن أوزالاغ)، فيلسوف عربي 870 ـ 950.
فاراداي (مايكل)، عالم فيزياء وكيمياء إنكليزي، 1791 ـ 1867.
فاركوه (ماري ـ جوزيف)، مهندس فرنسي، صانع آلات بخارية، 1798 ـ 1875.
فارمر (موزس)، مهندس إنكليزي لسكك الحديد، 1820 ـ 1893.
فافر (هنري)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1937.
فافيه (إيلديفونس)، قائد فرنسي (خلال حكم نابوليون الثالث)، مؤرخ للفن العسكري وتقني مدفعية، 1812 ـ 1894.
فالتون (روبرت)، مهندس أميركي، صانع سفينة بخارية 1765 ـ 1815.
فالكون (جان ـ باتيست)، مخترع السلاسل والبطاقات المثقوبة لأنوال النسيج (بين 1728 و 1734).
فان تايغم (فريدا)، مؤرخة هولندية للبناء، معاصرة.
فان روبي (جوس)، صناعي (أنسجة) هولندي، مؤسس سلالة من أصحاب المصانع في آبفيل، 1630؟ ـ 1685.
فان سونفلت (فيلم ديريكسون)، نسّاج وصناعي فلمندي، مخترع النول ذي «الحاجز» (1604 في هوندشوت، فلاندريا الفرنسية).
فان ماشنبروك (بيتر)، عالم فيزياء هولندي، 1692 ـ 1761.
فانغ تشنغ ـ تشي، عالم زراعة وكاتب تقني صيني، القرن الأول.
فانكن (يوهانس)، صناعي معادن ألماني، مخترع (خرافي؟) لطريقة لإنتاج الفضة (منتصف القرن الخامس عشر).
فايول (هنري)، مهندس وإداري فرنسي، 1841 ـ 1925.
فرانسوا الأول، ملك فرنسا (1515)، 1494 ـ 1547.
فرانسيس (جايمس بيشنز)، مهندس هيدروليات أميركي، 1815 ـ 1892.
فرانك (جاكوب)، عالم فيزياء ألماني، ـ 1882 ـ 1964.
فرانكاستيل (بيار)، مؤرخ للفن وعالم اجتماع فرنسي، 1901 ـ 1970.
فرانكلين (بنجامين)، عالم فيزياء وفيلسوف ورجل دولة أميركي، 1706 ـ 1790.
فربير (فردينان)، مهندس طيران فرنسي، 1862 ـ 1909.
فرمي (إفريكو)، عالم فيزياء إيطالي، 1901 ـ 1954.

فيتز هربرت (السير أنطوني)، متشرّع وعالم زراعة إنكليزي.
فيتش (جون)، مهندس أميركي، صانع سفينة بخارية، 1743 ـ 1798.
فيرنس (بول)، مؤرخ للفن، بلجيكي، ولد سنة 1895.
فيسيندن (ريجينالد أوبري)، عالم في الكهرباء الإشعاعية، أميركي، 1866 ـ 1932.
فيغييه (بيار)، عالم كيمياء فرنسي، ؟ ـ 1817.
فيغييه (غييوم ـ لويس)، عالم كيمياء وكاتب علمي فرنسي، 1819 ـ 1894.
فيفر (لوسيان)، مؤرخ وعالم اجتماع فرنسي، 1878 ـ 1956.
فيلاريتي (أنطونيو آڤرلينو)، مهندس عمارة ونحات ومذوّب برونز إيطالي، 1400 ـ 1465.
فيلدهاوس (فرانز م.)، مؤرخ ألماني للتقنيات، 1874 ـ 1957.
فيلو لاوس كروتون، عالم فلك ورياضيات وفيلسوف إغريقي من صقلية، 470 ق.م. ـ نهاية القرن الخامس ق.م.
فيلوز (إ. ـ ر.)، صانع آلات ـ أدوات أميركي، نهاية القرن التاسع عشر.
فيلون الأثيني، مهندس عسكري إغريقي، كتب مقالة عن فن حصار المدن، نهاية القرن الرابع ق.م./بداية القرن الثالث ق.م.
فيلون البيزنطي، كاتب علمي وتقني إغريقي، نهاية القرن الثالث ق.م.
فيليب الثاني المقدوني، ملك مقدونيا (359 ق.م)، فاتح اليونان، 382 ق.م. ـ 336 ق.م.
فيليب الرابع، ملك فرنسا (1285)، 1268 ـ 1314.
فيليب السادس دي ڤالوا، ملك فرنسا (1328)، مؤسس سلالة الڤالوا بعد انتهاء الكابيتيين، 1293 ـ 1350.
فيليبس، مجمع صناعي هولندي للأجهزة الكهربائية أنشأه سنة 1891 فريديريك فيليبس وابنه جيرار في أيندهوفن.
فيليس ساموس، أب المهندس المعماري الإغريقي رويكوس، القرن السادس ق.م.
فيورا ڤانتي، مهندس عمارة إيطالي، والد ريدولفو فيوراڤانتي، 1390؟ ـ بين 1430 و 1447.
فيوراڤانتي (ريدولفو، المعروف بأريستوتيل)، مهندس عمارة ومهندس عسكري إيطالي، 1420/1415 ـ نحو 1486.
ڤارون (ماركوس تيرنتيوس ڤارو)، سياسي وصاحب مصنّفات في مواد مختلفة، لاتيني، 116 ق.م. ـ 27 ق.م.
ڤارينيون (بيار)، عالم رياضيات فرنسي، 1654 ـ 1722.
ڤالتوريو (روبرتو)، مهندس عسكري وكاتب إيطالي، 1405 ـ 1475.
ڤالران (شارل)، صناعي حديد فرنسي، ؟ ـ 1901.
ڤالكوف (ماريوس ف.)، عالم لفاظة هولندي، ولد سنة 1905.
ڤاليرياتو (جيوفان بييترو دال فوسّي)، أنسي وفقيه لغوي إيطالي لاتيني اللغة، 1477 ـ 1560.
ڤاندرموند (ألكسندر)، عالم رياضيات فرنسي، 1735 ـ 1796.

ڤيسكونتي (فيليبو ماريا)، دوق ميلانو (1412) وسيّد جنوى، 1392 ـ 1447.
ڤيفييه، مهندس فرنسي في سكك الحديد، منتصف القرن التاسع عشر.
ڤيكام (سيلڤان)، عالم جغرافيا واقتصاد فرنسي، ولد سنة 1926.
ڤيكني (نيكولا ڤيكنيڤتسكي)، صحافي علمي فرنسي، 1925 ـ 1975.
ڤيكييتا (لورنزو دي بييترو)، مهندس عمارة ورسام ونحات إيطالي، 1412؟ ـ 1480.
ڤيل (أرنولد دو)، اختصاصي هيدروليات من لياج، بلجيكا، 1653 ـ ؟.
ڤيل (أنطوان دو)، مهندس عسكري فرنسي، 1596 ـ 1657.
ڤيلار دي أونكور، مهندس عمارة ورسّام فرنسي من القرن الثالث عشر، تقني في الفن القوطي (بدأت حياته المهنية سنة 1230 ـ؟).
ڤيلم (ألفرد)، مهندس اختصاصي في المعادن وعالم كيمياء ألماني، 1869 ـ 1937.
ڤينر (فيليب بول)، فيلسوف ومؤرخ علوم أميركي، ولد سنة 1905.
ڤيوليه لودوك (أوجين ـ إيمانويل)، مهندس عمارة وكاتب فرنسي، مرمّم أعمال فنية من القرون الوسطى، 1814 ـ 1879.
ڤييت (فرنسوا)، عالم رياضيات فرنسي، 1540 ـ 1603.
قايين، شخصية توراتية.
قسطنطين السابع، أمبراطور (912) وكاتب بيزنطي، 905 ـ 959.
قيصر (كايوس يوليوس قيصر)، ديكتاتور روماني (48 ق.م.) ومؤرخ، 101 ق.م. ـ 44 ق.م.
كابرول (فرنسوا ـ فراكوس)، صناعي وفني فرنسي، مؤسس مصانع حديد ديكازفيل، 1793 ـ 1882.
كابو ـ ري (روبير)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1897.
كاتولوس (كايوس ڤاليريوس)، شاعر لاتيني، 84 ق.م. ـ 54 ق.م.
كاتون القديم، سياسي روماني، 234 ق.م. ـ 149 ق.م.
كاربيل (هربرت)، عالم جغرافيا كندي معاصر.
كارترايت (د. إدموند)، قس وميكانيكي إنكليزي، مخترع آلات للغزل، 1743 ـ 1823.
كاردان (الأب والابن)؛ فازيو كاردان، رجل قانون إيطالي، 1444 ـ 1524 وجيرولامو كاردان، طبيب، عالم رياضيات وفيلسوف، 1501 ـ 1576.
كارستن (كارل يوهان برنهارد)، 1782 ـ 1853.
كارلايل (السير أنطوني)، عالم كيمياء وجراح إنكليزي، 1768 ـ 1840.
كارنغي، مؤسسة أميركية تعود إلى أندرو كارنغي (1835 ـ 1919).
كارنو (سادي)، عالم فيزياء فرنسي، 1796 ـ 1832.
كارنو (لازار)، ميكانيكي ومهندس عسكري ورجل سياسي فرنسي، 1735 ـ 1823.
كاروذرس (والاس هيوم)، عالم كيمياء أميركي، 1896 ـ 1937.
كارون (فرنسوا)، مؤرخ فرنسي لسكك الحديد، ولد سنة 1931.

لاند (إدوين هربرت)، مخترع أميركي، ولد سنة 1909.
لانز (فيليب لويس)، مهندس ميكانيك فرنسي، بداية القرن التاسع عشر.
لانغن (يوجين)، مهندس ألماني، 1833 ـ 1895.
لانيت (جاك)، رجل مال وسياسة فرنسي، 1767 ـ 1844.
لندسي (جون)، سياسي وإداري أميركي، عمدة نيويورك، ولد سنة 1921.
لوبري (جان ماري)، قائد منطاد فرنسي (منذ 1857)، رائد الطيران الشراعي، ؟ ـ 1872.
لوبلان (نيكولا)، عالم كيمياء فرنسي، 1742 ـ 1806.
لوبلاي (فريديريك)، عالم اقتصاد واجتماع ومهندس فرنسي، 1806 ـ 1882.
لوبوف (مكسيم)، مهندس بحري فرنسي، 1863 ـ 1939.
لوبون (فيليب)، عالم كيمياء ومهندس فرنسي، مخترع الإنارة بالغاز، 1769 ـ 1804.
لوبيز (روبرتو ساباتينو)، مؤرخ إيطالي لاقتصاد القرون الوسطى، ولد سنة 1910.
لوتاو لونغ، عالم رياضيات وميكانيك صيني، ؟ ـ بعد 1027.
لوتريل (السير جون)، نبيل إنكليزي، كان لديه كتاب مزامير مزخرف (نحو 1338).
لوران (رنيه)، مهندس فرنسي، 1877 ـ 1933.
لوروا ـ غوران (أندريه)، عالم سلالة واختصاصي في ما قبل التاريخ، فرنسي، ولد سنة 1911.
لوروا ـ لادوري (إيمانويل)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1929.
لوسيان ساموسات، فيلسوف وخطيب إغريقي، 125؟ ـ 192؟.
لوشاتلييه (لويس)، صناعي حديد فرنسي، 1815 ـ 1873.
لوفيفر دي نويت (ريشار)، مؤرخ التقنيات وضابط فرنسي، 1856 ـ 1936.
لوفاسور (إميل)، صانع سيارات فرنسي، 1843 ـ 1897.
لوفاسور (ليون)، مهندس ورسام فرنسي، مخترع محركات للطيران، 1863 ـ 1922.
لوكان (إيف)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1935.
لوكونت، نقّال فرنسي، 1803 ـ 1883.
لول (ريمون)، خيميائي وعالم لاهوت كاتالاني، 1235 ـ 1315.
لولانو (موريس)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1906.
لومبار (موريس)، مؤرخ فرنسي للحضارات الإسلامية، 1904 ـ 1966.
لونوار (إتيان)، عالم رياضيات ومهندس فرنسي، 1744 ـ 1832.
لونوار (إتيان)، ميكانيكي ومخترع بلجيكي الأصل، 1822 ـ 1900.
لويد جورج (دايفيد)، أول كونت لويد جورج دوايفور، رَجل دولة إنكليزي، زعيم الحزب الليبرالي، 1863 ـ 1945.
لويس ـ فيليب الأول دورليان، ملك الفرنسيين (1830 ـ 1848)، 1773 ـ 1850.
لويس التاسع، ملك فرنسا (1226)، 1215 ـ 1270.
لويس الحادي عشر دي فالوا، ملك فرنسا (1461)، 1423 ـ 1483.

مارتان، عائلة مهندسي ديكور فرنسيين، القرن الثامن عشر.
مارتان (هنري ـ جان)، مؤرخ فرنسي، ولد سنة 1924.
مارتيني (فرنشيسكو دي جورجيو)، رسام ونحات ومهندس عمارة وكاتب تقني إيطالي، 1439 ـ 1502.
مارسيلوس (ماركوس كلاوديوس)، قائد روماني (من الحرب البونية الثانية)، 270 ق.م.؟ ـ 208 ق.م.
مارشاك (ألكسندر)، عالم إحاثة أميركي، معاصر.
مارشال (أندريه)، عالم اقتصاد ومؤرخ للتقنيات، فرنسي، ولد سنة 1907.
مارشال (جورج كاتلت)، جنرال أميركي (1939 ـ 1945)، صاحب فكرة مساعدة أوروبا اقتصادياً، 1880 ـ 1959.
ماركس (كارل)، فيلسوف وعالم اجتماع وسياسي ألماني، 1818 ـ 1883.
ماركوف (أندري أندريفيتش)، عالم رياضيات روسي، 1856 ـ 1922.
ماركوني (غولييلمو)، عالم فيزياء ومخترع إيطالي، 1874 ـ 1937.
ماري (إتيان جول)، طبيب فرنسي ساهم في ابتكار عارضة الأفلام، 1830 ـ 1904.
ماريانو دي جاكوبو داسيينا، الملقب بـِ تاكولا أو أرخميدس سيينا، مهندس وكاتب عسكري إيطالي، 1381 ـ حوالي 1458.
ماريكور (بيتروس بيليغرينوس المعروف بِـ بيار)، فيلسوف وعالم فرنسي، النصف الثاني من القرن الثالث عشر.
مارينوني (إيبوليت)، عالم ميكانيك وصحفي فرنسي، مخترع رحوية المطبعة، 1823 ـ 1904.
ماريني (جيرولامو)، مهندس عسكري إيطالي (عاش في فرنسا منذ سنة 1536)، 1500؟ ـ 1553.
ماريوس (كايوس)، قائد وسياسي روماني، 156 ق.م. ـ 86 ق.م.
مازاتوه (بيار)، عالم جغرافيا فرنسي، ولد سنة 1930.
ماشيت (روبرت فورستر)، صناعي معدني إنكليزي، 1811 ـ 1891.
ماغون، عالم زراعة قرطاجي، كاتب باللغة البونية، النصف الأول من القرن الثاني ق.م.
ماك كورميك (سايروس هول)، صناعي أميركي، مخترع آلات الحصاد، 1809ـ 1884.
ماك لين (مالكولم)، نقّال أميركي، أول من استعمل المستوعبات (الكونتينر)، معاصر.
ماكارثي، مخترع أميركي لحلج الألياف النسيجية الطويلة ميكانيكياً (1845)، منتصف القرن التاسع عشر.
ماكسويل (جيمس كليرك)، عالم فيزياء إنكليزي، 1831 ـ 1879.
مالاتيستا (سيجيسموندو باندولفو)، سيد على ريميني (1432) ونصير للأدباء والعلماء، إيطالي، 1417 ـ 1468.
مالاتيستا، عائلة إيطالية منها أسياد ريميني (حوالي 1212 ـ 1528) وأسياد فانو (1355 ـ 1463).
مالتوس (توماس روبرت)، عالم اقتصاد إنكليزي، 1766 ـ 1834.

موريس (صاموئيل)، رسام أميركي، مخترع تلغراف كهربائي، 1791 ـ 1872.

موزس أو موسى باليرمو، كاتب علمي وطبيب يهودي إيطالي من القرن الثالث عشر.

موكلي (جون وليام)، عالم فيزياء أميركي، ولد سنة 1907.

مولر (بول)، عالم بيوكيمياء سويسري، ولد سنة 1899.

مولر (ماكس)، مهندس ألماني، ولد سنة 1900.

مولر (هرمان)، صناعي معدني ألماني، 1823 ـ 1907.

مونتاني (ميشال إيكيم دي)، كاتب أخلاقي فرنسي، 1533 ـ 1592.

مونتسكيو (البارون شارل دي سوكونداه)، كاتب فرنسي، 1689 ـ 1755.

مونتيريلترو، عائلة إيطالية منها أسياد أوربان وبيزا نهاية القرن الثاني عشر، أسياد أوربان (1234 ـ 1508).

مونج (غاسبار)، كونت بولوز، عالم رياضيات فرنسي، 1746 ـ 18[illegible].

مونغولفييه (إتيان)، صناعي فرنسي شريك مع أخيه جوزيف ـ ميشال، 1745 ـ 1799.

مونغولفييه (جوزيف ـ ميشال)، عالم فيزياء ومخترع وصناعي فرنسي، 1740 ـ 1810.

مونكريتيان (أنطوان)، علامة وكاتب فرنسي، باعث الاقتصاد السياسي، 1575 ـ 1621.

مونوري (جان لويس)، عالم اقتصاد فرنسي، ولد سنة 1932.

مونييه دي لابلاس (جان ـ باتيست)، جنرال وعالم رياضيات وكيمياء ومهندس فرنسي، 1754 ـ 1793.

مويّار (لويس ـ بيار)، مهندس فرنسي، فني طيران، 1834 ـ 1897.

مييج ـ موريس (إيبوليت)، عالم كيمياء فرنسي، مخترع المرغرين، 1817 ـ 1880.

ميتاجين كنوسوس، مهندس عمارة كريتي، الربع الثالث من القرن السادس ق.م.

ميتريدات السادس إوباتور، ملك لوبون le Pont (120 ق.م. ـ 66 ق.م.)، انتصر عليه الرومان، 132 ق.م. ـ 63 ق.م.

ميتون، شخصية من تأليف أريستوفان.

ميتيس، إلهة إغريقية.

ميتيون، بطل أسطوري إغريقي.

ميجي (موتوس هيتو)، أمبراطور اليابان (1867)، 1852 ـ 1912.

ميخيتري، معتمد عسكري ورئيس قضاء لدى الفرعون منتوحوتيب الرابع (حوالي 2050 ق.م.).

ميدوز (دنيس ل.)، عالم اقتصاد أميركي، معاصر.

ميديسيس، عائلة إيطالية من الأسياد، ثم الدوقات، في فلورنسا وتوسكانا (حوالي 1314 ـ 1737).

ميرز (روبرت)، مخترع أميركي لآلة حاصدة، النصف الأول من القرن التاسع عشر.

ميرومينيل (أرمان ـ توماس هو)، عالم اقتصاد وسياسي فرنسي، 1723 ـ 1796.

ميريروكا، موظف وكاهن مصري، وزير الفرعون تيتي، 2420 ق.م.؟ (أو 2400 ق.م.؟).

نيدهام (جوزف)، عالم بيوكيمياء ومؤرخ للعلوم ومستشرق إنكليزي، ولد سنة 1900.

نيرون (كلاوديوس سيزار جرمانيكوس)، أمبراطور روماني (54)، 37 ـ 68.

نيف (جون أولريك)، عالم اقتصاد ومؤرخ أميركي، ولد سنة 1899.

نيكام (ألكسندر)، راهب وعالم طبيعيات ونحوي وكاتب تقني إنكليزي، 1157 ـ 1217.

نيكوستينيس، فني خزف إغريقي من مدرسة أثينا (النصف الثاني من القرن السادس ق.م.)، ؟ ـ حوالي 510 ق.م..

نيكولسون (وليام)، عالم كيمياء وفيزياء إنكليزي، 1753 ـ 1815.

نيكوماكوس جيراسا، عالم رياضيات وفيلسوف إغريقي، النصف الثاني من القرن الأول.

نيكومن (توماس)، اختصاصي ميكانيك إنكليزي، 1663 ـ 1729.

نيكوميدس، سياسي إغريقي من القرن الخامس ق.م.، حاكم أثينا الأول (484 ق.م./ 483 ق.م.).

نيلسون (جيمس بومون)، صاحب مصانع حدادة اسكتلندي، فني مصهر عال ساخن الهواء، 1792 ـ 1865.

نيلي، فيلسوف إغريقي، تلميذ تيوفراست، القرن الثالث ق.م.

نيموراريوس (جوردانوس)، عالم وفيلسوف، ؟ ـ 1237.

نيهس، مهندس ألماني، اختصاصي في الصناعة المعدنية، النصف الثاني من القرن التاسع عشر.

نيوتن (السير اسحق)، عالم رياضيات وفيزياء وفلك إنكليزي، 1642 ـ 1727.

نيولاند (جوليوس آرثر)، عالم كيمياء أميركي من أصل بلجيكي، 1878 ـ 1936.

نيومان (جوهان فون)، عالم رياضيات هنغاري، 1903 ـ 1957.

نيبس (نيسيفور)، عالم فيزياء فرنسي، منفّذ الصورة الفوتوغرافية الأولى، 1765 ـ 1833.

نيبور (إدوار)، مهندس طيران فرنسي، 1875 ـ 1911.

هاترسلي (ر.ل.)، مخترع وميكانيكي إنكليزي في مجال النسيج، منتصف القرن التاسع عشر.

هادفيلد (السير روبرت آبوت)، عالم كيمياء وصناعي معدني إنكليزي، 1859 ـ 1940.

هارتمان (لوتون، م.)، مبتكر نموذج تكهّن تقني واقتصادي، أميركي، ولد سنة 1923.

هارتنيس (جيمس)، فني أميركي، مبتكر مخرطة نصف آلية، 1861 ـ 1934.

هاودر، صناعي أميركي معاصر.

هارغريفز (جيمس)، ميكانيكي إنكليزي، مخترع آلة Spinning jenny (1764) والعديد من أنوال الغزل، ؟ ـ 1778.

هارفي (هيوارد أغسطس)، ميكانيكي وصناعي حديد أميركي، 1824 ـ 1893.

هارود (روي فوربس)، عالم اقتصاد إنكليزي، ولد سنة 1900.

هارون الاسكندراني، عالم هندسة وفيزياء ومهندس إغريقي اسكندراني، نهاية القرن الثاني ق.م.؟ حوالي 150 ق.م.؟ (حسب المؤلفين).

هاسنفراتز (جان ـ هنري)، عالم كيمياء، صناعي مناجم وسياسي فرنسي، 1755 ـ 1827.

ويتل (السير فرنك)، مهندس إنكليزي، ولد سنة 1907.

ويتويل، مهندس وصناعي معادن إنكليزي، نهاية القرن التاسع عشر.

ويلورث (السير جوزف)، صناعي حديد إنكليزي صانع آلات مختلفة وعتاد حربي، 1803 ـ 1887.

ويس (روبرت)، كاتب حوليات انكليزي ـ نورماندي، 1100 أو 1120 ـ 1175.

ويلسون (تشارلز طومسون ريز)، عالم فيزياء اسكتلندي، 1869 ـ 1959.

ويلسون (دانييل)، اختصاصي ميكانيك وصناعي معدني انكليزي استقر في فرنسا، في الكروزوه، 1789 ـ 1867.

ويلكنسون (جون)، مهندس وصناعي إنكليزي، صناعي حديد وصانع آلات ـ أدوات وعتاد حربي وباني جسور حديدة، 1728 ـ 1808.

يان سو، كاتب تقني صيني (مقالة عن صناعة الساعات، نحو 1027 ـ 1030).

يسوع المسيح، نبي يهودي مؤسس المسيحية، 5 ق.م. ـ 29 ميلادية.

يو هاو، كاتب تقني صيني، منظّر في هياكل البناء، القرن العاشر.

يوليس أو أوليس، بطل أسطورة إغريقي.

الفهرس التفصيلي

مقدمات لتاريخ التكنولوجيا

برتران جيل

علماً بأن تلك تلتقي مع هذه ولا وجود لها من دونها، الفعل التقني والفعل الاقتصادي والارتباط الوثيق بينهما اللذين يتفاعلان معاً بموجبه أو يؤثر كل منهما على الآخر، لمتابعة تطوّر لا يمكن إلا أن يكون مشتركاً في غالبية الحالات. وثمة ارتباط آخر غير مباشر لهذا النظام الثنائي مع النظام الاجتماعي وبالتالي مع النظام السياسي، ومن خلالهما، مع بقية الأنظمة التي يرتبط بها هذان النظامان: النمو الديموغرافي، تثقيف الشعوب، الموارد، الخ. دينامية الأنظمة التقنية. مسائل يطرحها التحليل الدينامي: تعيين حدود للنظام التقني ولتطوّره، مفهوم الحد البنيوي: استحالة إما في زيادة الكميات، إما في تنويع المنتجات، إما في خفض التكاليف. تصوّر عام للأسباب التي تؤدي إلى إفلاس نظام تقني عامل، تصور عام تتبعه دراسة للمشاكل الخاصة بكل تقنية، مثال الزراعة وحالا نموذجية لبعض الصناعات تظهر عجز نظام بأكمله عند بلوغ حدود تكنولوجية لا يمكن تجاوزها وقد تؤدي إلى اختلالات وأزمات. معطيات من الخارج قد تصحّح، على صعيد خارجي كذلك، الاختلالات الواضحة: التعرفات الجمركية والحماية، تصدير المواد الأولية، إيجاد منتجات بديلة للمواد الأساسية. أهمية التحليل الدينامي الذي يكشف البنى والأنظمة ويُبرز الحدود البنيوية التي يضطر بعدها بلد ما للاختراع أو لتغيير أنظمته القديمة، اكتشاف قطبي التطور التقني: الخطوط التكنولوجية والانحسار. أربعة مفاهيم مختلفة تدخل في تفسير شامل للقطاع التقني، التطور العلمي والروابط الواضحة التي تجمعه بالتكنولوجيا، الظروف التي تؤدي إلى «اختراع» ما وعلاقاته مع مختلف البنى الموجودة، عقلانية مبعثرة، حتمية فضفاضة، البحث عن الأحداث والأسباب التي تشجّع تشكيل بنيوية دون غيرها أو العكس. العوامل التي تنتج ظروفاً مناسبة لاختراع يؤدي العمل به بدوره إلى ظروف تنتج اختراعاً جديداً، عقلانية واثقة، حتمية واضحة، خلاصة تفرض نفسها: تنحصر حرية المخترع وتُحدّ تبعاً للمتطلبات التي يجب أن يلبيها الاختراع، نحو محاولة لتعريف الاختراع، وتعداد النشاطات الملحقة التي يستلزمها كي يوضع موضع التنفيذ، عملياً، وسياسياً، واقتصادياً، أو من نقطة انطلاق الفكرة الجديدة إلى الحد الأقصى لتطبيقها، التجديد، كتتمة للاختراع، هو غير الاختراع ويبرز العلاقة بين التطور التقني والحاجات الاقتصادية، الاختراع، فعل مجّاني في البداية، التجديد، فعل يخضع للمستلزمات الاقتصادية، وجهتا نظر متعارضتان أحياناً وقد تؤديا إلى تأجيل العمل بالاختراع. وظيفة الإنتاج، مجموعة من العلاقات التقنية بين

التقنيات والحضارات

برتران جيل

نشأة التقنية

الحضارات التقنية الكبيرة الأولى

برتران جيل

تطور في التقنيات البشرية تسارع فجأة دون أسباب واضحة باستثناء

انتشار النظام التقني الجديد

النظام التقني لدى الإغريق

برتران جيل

الأنظمة المحجوزة

برتران جيل

القرون الوسطى

برتران جيل

الأنظمة الكلاسيكية

برتران جيل

النظام الكلاسيكي: الآلية، قد تكون الميزة الأهم في النظام التقني الذي ولد في عصر النهضة، استعمال الخشب، المادة الوحيدة، والحدود التي يفرضها على الآلية حتى في تجديدات أفضل مثل عنها هو الساعد ـ الرائد. الطاقة، مائية كانت أو هوائية، جدار اعترض تطور الآلية في عصر النهضة ولم يسمع بأكثر من تطوير الآلات الموجودة، الطواحين المائية ذات العجلة الأفقية؛ طواحين الهواء. تقنيات الاستثمار، ربما كان أكثر مجال تأكّد فيه النظام التقني الجديد تقنيات زراعية جديدة أو مجدّدة عبر إيجاد أنواع قابلة للزرع وللأكل؛ نشاطات كانت لاتزال التغييرات فيها بطيئة: استثمار الغابات، صيد الأسماك، تربية الحيوانات، صعوبة دخول الأفكار الجديدة في زراعة كانت ماتزال متعلقة بالتقاليد والخبرة المكتسبة. مثل عن تحول عميق: استثمار باطن الأرض. ولادة وتطور تقنيات جديدة في الصناعة المعدنية: إنتاج الحديدية، ثم الصلب بواسطة المرور من الأفران إلى المصاهر، تطور مواز في الآلية الحديدية يتعلق بشكل خاص بالمطرقة المائية، والتصفيح، والصهر والترقيق. شغل المعادن غير الحديدية: المعادن الثمينة، النحاس ومزجه مع القصدير، البرونز؛ الحديد الأبيض، مادة جديدة هي مزيج بين الحديد والقصدير. مشاكل تقنيات النار الأخرى المرتبطة بنوعية المحروق المستعمل، الخشب أو فحم الأرض؛ التعديلات الكثيرة التي طرأت على صناعة الزجاج، التحسينات التي عرفتها والتجديدات التي عاشتها: زجاج البندقية أو الزجاج البلوري، الزجاج الملون، الزجاج المسطّح. صناعة الخزف، تقنية تقليدية جداً تطورت فيها فقط مكونات العجينة وتحضير البرنيق، من الخزف العادي إلى الخزف المزخرف. تحسين تقنيات العمل الميكانيكي: إتقان الأدوات والاستعمال الأفضل للطاقة. الأبحاث حول المظاهر الثلاثة الأساسية للأداة: المواد، الأشكال، الأنواع. اللقاء بين الأداة والآلة ومختلف العمليات التي أتاحها هذا الجمع. إسهامات نظام الساعد ـ الرائد الجديدة والعديدة: تنويع المخارط مثلاً. التطور المتردد للصناعة الكيميائية التي سجلت رغم هذا تغيراً ملموساً في مجال المتفجرات. تطور مجموعة الأدوات في الصناعات النسيجية؛ التحسينات في أنوال النسيج، تهديد جديد لجمهور العمال، الذي تحرك، مع عمال الطباعة، ضد الآلة

الثورة الصناعية

برتران جيل

تقنيات العصر الحديث

برتران جيل

نحو نظام تقني معاصر

برتران جيل

التقنيات والعلوم

الجغرافيا والتقنيات

أندريه فيل

العلم والتقنية

فرانسوا روسّو

التقنية والقانون

برتران جيل

القوانين الوطنية:

التقنية والسياسة

بحث في المعرفة التقنية

برتران جيل

فهرس الرسوم والصور

أولى الحضارات التقنية الكبرى

النظام التقني لدى الإغريق

الرومان وأخلافهم

الأنظمة التقنية المحجوزة

القرون الوسطى

الأنظمة الكلاسيكية

الثورة الصناعية

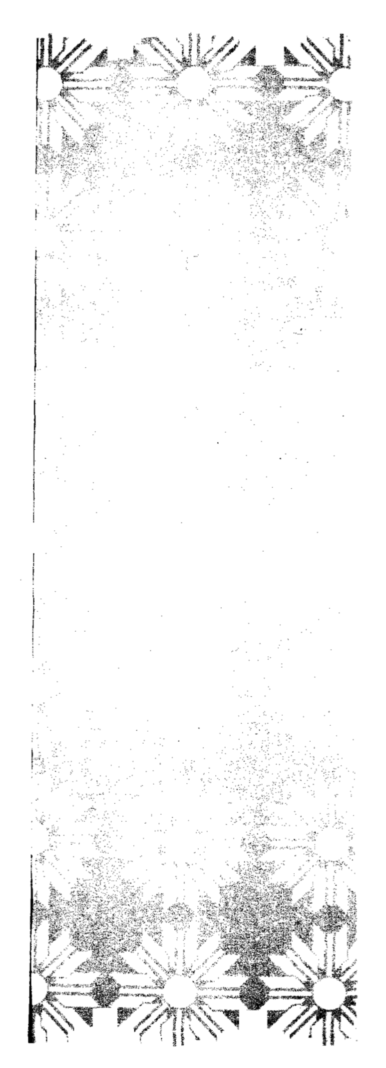
تقنيات العصر الحديث

نحو نظام تقني معاصر

تطور التقنيات والتحليل الاقتصادي

الفهرست

1996 / 1 / 535



من منشوراتنا

موسوعات ومعاجم

قيد الطبع

- معجم الفيزياء
  تحت إشراف فرنسوا لو ليونيه
  ترجمة موريس شربل
- المعجم الدستوري
  دوهاميل ومونيه
  ترجمة منصور القاضي
- معجم المؤلفات السياسية
  شاتلية ودوهاميل وبيزييه
  ترجمة د.محمد عرب صاصيلا
- معجم الرياضيات
  آلان بوفييه وميشال جورج
  تحت إشراف فرنسوا لو ليونيه
  ترجمة هيثم اللمع
- معجم المصطلحات القانونية
  تحت إشراف جيرار كورنو
  ترجمة منصور القاضي
- موسوعة تاريخ الزواج (في 3 مجلدات)
  إدوار ويسترمارك
  ترجمة د. مصباح الصمد

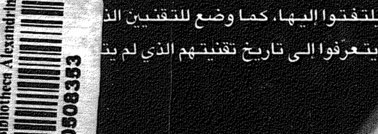
هذه الموسوعة

على الرغم من الدور الذي تلعبه التكنولوجيا في حياة الإنسان اليومية والذي تتزايد أهمّيته يوماً بعد يوم، قلّما شكّل التطوّر التكنولوجي موضوعاً لدراسة تاريخية شاملة تعنى بمختلف نواحيه وذلك لأسباب عدّة منها صعوبة تحديد مراحل هذا التطوّر على مدى العصور وفي مختلف المجتمعات وصعوبة إبراز علاقات التكنولوجيا بالاهتمامات الإنسانية الأخرى.

في محاولة منها لسدّ هذه الثغرة في الفكر التاريخي عمدت موسوعة تاريخ التكنولوجيا في قسمها الأول إلى دراسة تتابع الأنظمة التكنولوجية المختلفة انطلاقاً من فترات بعيدة في العصر الحجري حيث بدأ الإنسان خلالها يظهر مهارته التقنية في تشذيب الأحجار لسدّ حاجاته وحتّى أواخر القرن العشرين حيث بلغت التكنولوجيا وعلى جميع الأصعدة أهميّة لا تخفى على أحد. وخلال هذه الدراسة تركّز الموسوعة أيضاً على فترات المرور من نظام تكنولوجي إلى آخر مع تناول أسباب ركود النظام الأول وظروف ولادة النظام التالي. كما أنّها تشير إلى مستويين يتعيّن التمييز بينهما في التطوّر التكنولوجي وهما مستوى التفكير التقني عندما تبدأ فكرة اختراع ما بالتبلور ومستوى اندماج هذا الاختراع لاحقاً في النظام الاقتصادي والاجتماعي القائم.

أما القسم الثاني من هذه الموسوعة فيتناول علاقة التطوّر التكنولوجي بعدد من المواد التي تمثّل النشاطات البشرية الأخرى: العلم، والقانون، والسياسة، والجغرافيا، وعلم الاجتماع، والاقتصاد. وقد أرادت من خلال هذه الدراسة إظهار تأثير التكنولوجيا على العالم المحيط بها.

هذا المؤلّف وضع للفضوليين، وهذا ما يميّز كل موسوعة، خصوصاً للذين يمرون يومياً بمحاذاة التكنولوجيا دون أن يلتفتوا إليها، كما وضع للتقنيين الذ
يتعرّفوا إلى تاريخ تقنيتهم الذي لم يت



المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع